KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK

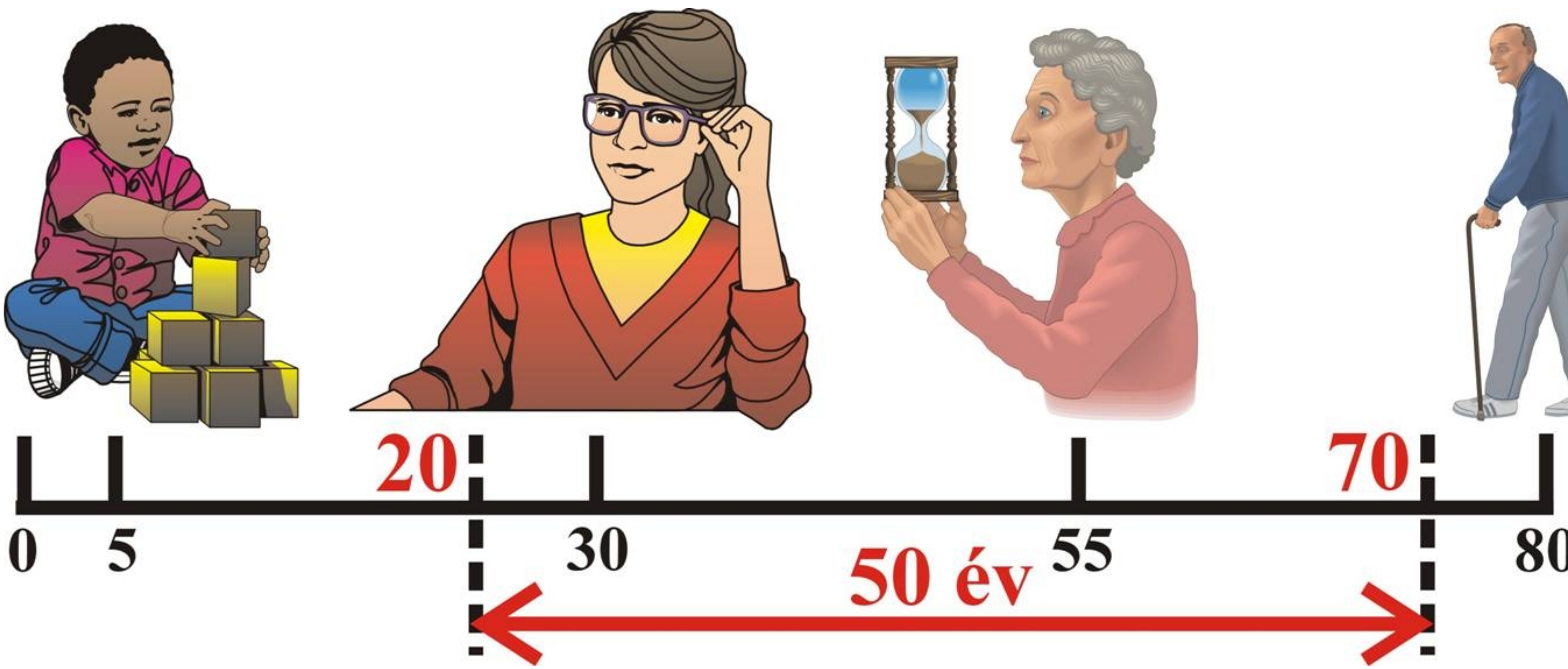
Dr. Kausay Tibor

Budapest, 2012. október



Új követelmény:

Az EN 206-1 és az MSZ 4798-1 szerint előállított <u>beton használati élettartama legalább 50 év</u> kell legyen!



A végleges jellegű közúti hidakra az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szerint a használati élettartam 100 év



Ugyancsak 100 év a vízépítési műtárgyak használati élettartama

MSZ EN 1990:2011 2.1. táblázat: Tervezési élettartamok **EUROCODE**

Osztály	Előírt tervezési élettartam (év)	Példák
1.	10	Ideiglenes tartószerkezetek [1]
2.	10–25	Cserélhető tartószerkezeti részek, például darupályatartók, saruk
3.	15–30	Mezőgazdasági és hasonló tartószerkezetek
4.	50	Épületek tartószerkezetei és egyéb szokásos tartószerkezetek
5.	100	Monumentális épületek tartószerkezetei, hidak és más építőmérnöki szerkezetek

(1) Az olyan tartószerkezeteket vagy azok részeit, melyek újrafelhasználás céljából szétszerelhetők, nem kell ideiglenes szerkezetnek tekinteni.

MSZ EN 1990:2011 szabvány
1.5.2.8. szakasz szerint
a tervezési élettartam (design working life)
az a feltételezett időtartam, melynek során a tartószerkezet vagy annak egy része az előirányzott fenntartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül, a tervezett rendeltetésének megfelelően használható.

Használati élettartam

A használati élettartam tényleges, tapasztalati érték. Időtartam, amely alatt a szerkezetbe épített beton megfelelő fenntartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül, tervezett rendeltetésének megfelelően használható.

A tartós beton használati élettartama nagyobb, vagy legalább akkora, mint a tervezési élettartam.

Az MSZ EN 206-1:2002, illetve az MSZ 4798-1:2004 szabvány 3.1.40. szakasza szerint

Használati élettartam

Az az időtartam, amely alatt a szerkezetbe épített beton teljesítőképessége megmarad a szerkezet teljesítőképességi követelményeit kielégítő szinten, feltéve, hogy a szerkezetet megfelelő módon karbantartják.

Teljesítőképesség ⇒ Minőség

Tervezett használati élettartam németül: Geplante Nutzungsdauer

Az MSZ EN 206-1:2002, ill. MSZ 4798-1:2004 szabvány a beton legalább 50 évre tervezett tartóssága érdekében környezeti osztályok alkalmazását írja elő.

A használati élettartam alatt a beton akkor lesz *tartós*, ha a környezeti hatásokat károsodás nélkül viseli.

Így a beton, vasbeton, feszített vasbeton ***szerkezetek építéséhez használt betonkeverékeknek rendeltetésük szerint illeszkedniük kell a környezeti hatásokat leíró környezeti osztályokhoz*****;**

ami azt jelenti, hogy összetételük meg kell feleljen az

x_{max}, c_{min}, $f_{ck,cyl}/f_{ck,cube,min}$,

és a megengedett legnagyobb levegőtartalomból számítható

$\rho_{beton,friss,min}$, $\rho_{beton,szilárd,min}$

határértékeknek.

Beton tervezés	Mértékadó	Környezeti osztályok
$x_{tervezett}$ >	$x_{mértékadó}$	< $x_{max.}$
$c_{tervezett}$ <	$c_{mértékadó}$	> $c_{min.}$
$V_{lev., terv.}$ >	$V_{lev., mértéka.}$	< $V_{lev., max.}$
$f_{ck, terv.}$ <	$f_{ck, mértékadó}$	> $f_{ck, min.}$

Ez Európában ajánlás,

Magyarországon előírás!

MSZ EN 1992-1-1:2005 (Eurocode 2) szabvány 3.1. táblázata szerint

$$f_{cm} = f_{ck} + 8\ \mathrm{N/mm^2}$$

ahol

f_{cm} a beton nyomószilárdságának szabványos méretű és végig víz alatt tárolt próbahengeren értelmezett, előírt átlag értéke, és

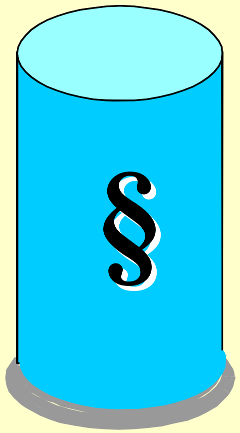
f_{ck} a beton nyomószilárdságának ugyanilyen szabványos próbahengeren értelmezett, előírt jellemző értéke.

Ugyanakkor az MSZ EN 206-1:2002 és MSZ 4798-1:2004 szabványok szerint a kezdeti gyártás során:

$\leq$ C50/60 osztály esetén: $f_{cm,test} = f_{ck} + 4\ \mathrm{N/mm^2}$

$\geq$ C55/67 osztály esetén: $f_{cm,test} \geq f_{ck} + 5\ \mathrm{N/mm^2}$

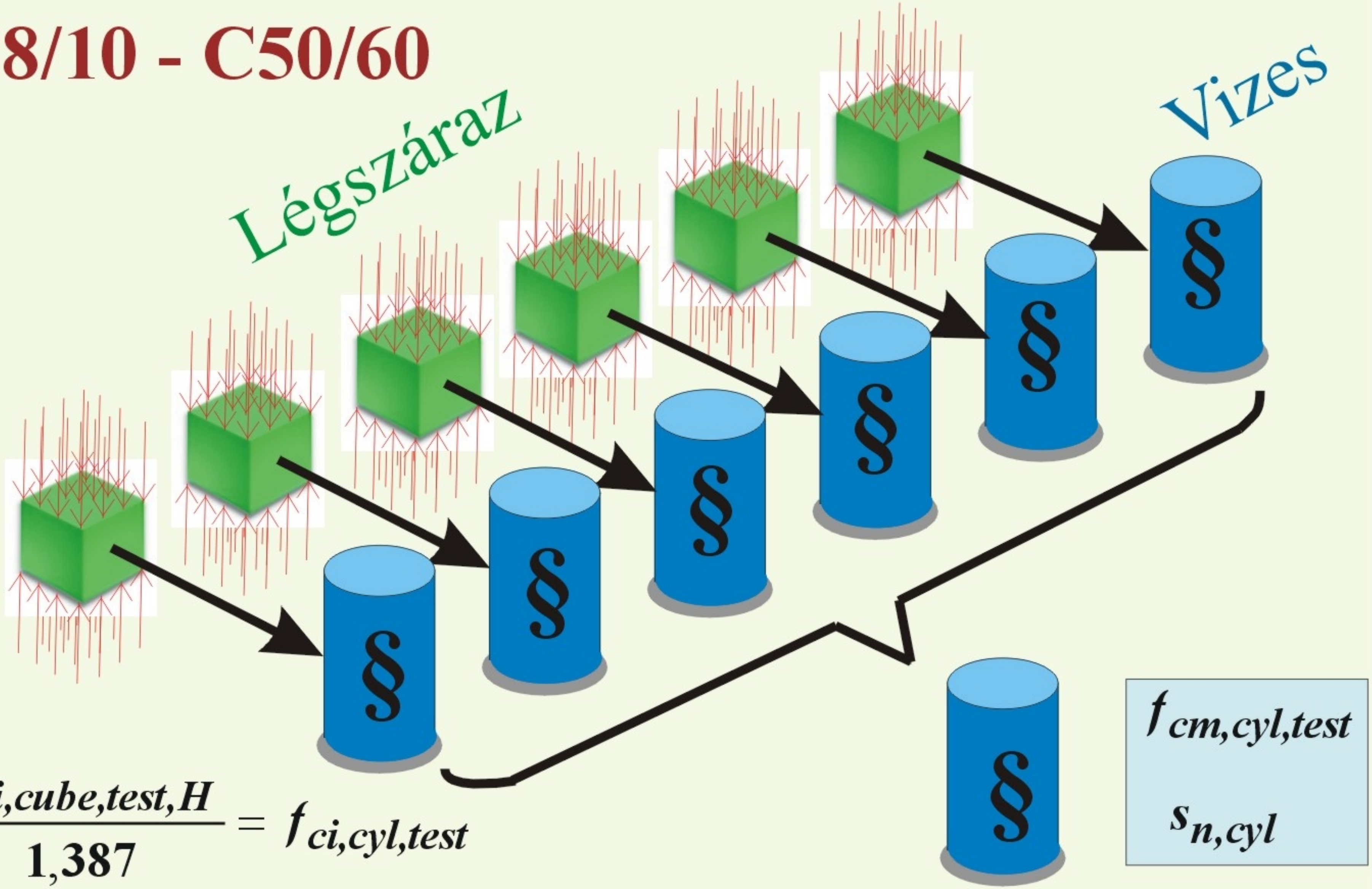
Az **MSZ EN 1992-1-1:2005** és az **MSZ EN 206-1:2002** szabvány a beton nyomószilárdságának megfelelőségét a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas, végig víz alatt tárolt próbahengerek nyomószilárdsága alapján ítéli meg, következésképpen a <u>megfelelőségi feltételek</u> is ezekre <u>a szabványos hengerekre</u> vonatkoznak.



Az **MSZ 4798-1:2004** szabvány megengedi a 150 mm élhosszúságú, vegyesen tárolt próbakockák alkalmazását is, amely lehetőséggel szívesen élünk.



C8/10 - C50/60

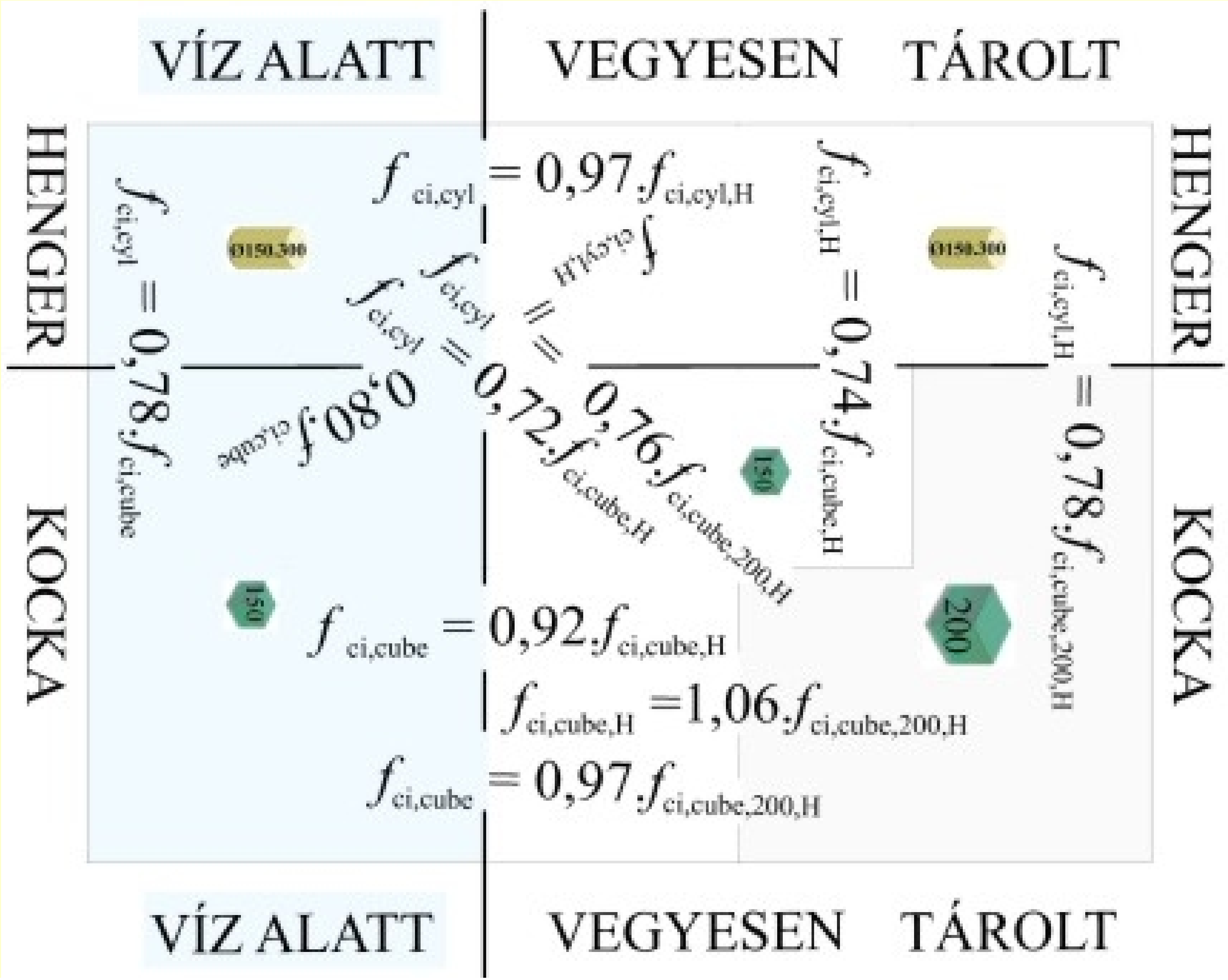


$$\frac{f_{ci,cube,test,H}}{1{,}387} = f_{ci,cyl,test}$$

$$f_{ck,cyl} \leq f_{cm,cyl,test} - \lambda_n \cdot s_{n,cyl} = f_{ck,cyl,test}$$

(Az osztó értéke C55/67 – C100/115 között : 1,261)

Próbatestek egyedi vagy átlagos nyomószilárdságának átszámítása



Az új európai betonszabvány eredetileg hat környezeti osztályt tartalmaz, *a magyar NAD ezeken kívül még kettővel számol*:

1. Nincs korróziós kockázat;

2. Karbonátosodás okozta korrózió;

3. Nem tengervízből származó kloridok korróziós hatása;

4. Tengervízből származó kloridok hatása;

5. Fagyás/olvadás okozta korrózió;

6. Kémiai (pl. szulfátok) okozta korrózió;

7. Koptatóhatás okozta károsodás;

8. Igénybevétel víznyomás hatására

Környezeti osztályok kiterjesztése

Csak beton	Környezeti hatásoknak nem ellenálló beton	XN(H), X0b(H)
Csak vasbeton betonja		X0v(H)
Csak vasbeton és feszített vasbeton betonjára vonatkozó környezeti osztályok	Karbonátosodás	XC1 – XC4
	Kloridoknak (nem jégolvasztó) kitett beton	XD1, XD2
	Fagyálló beton	XF2(BV-MI) lbk. nélkül XF3(BV-MI) lbk. nélkül
Beton, vasbeton és feszített vasbeton betonjára egyaránt vonatkozó környezeti osztályok	Fagyálló beton	XF1 lbk. nélkül XF2 – XF4 lb-képzővel
	Korróziónak kitett beton	XA1 – XA3
	Kopásálló beton	XK1(H) – XK4(H)
	Vízzáró beton	XV1(H) – XV3(H)

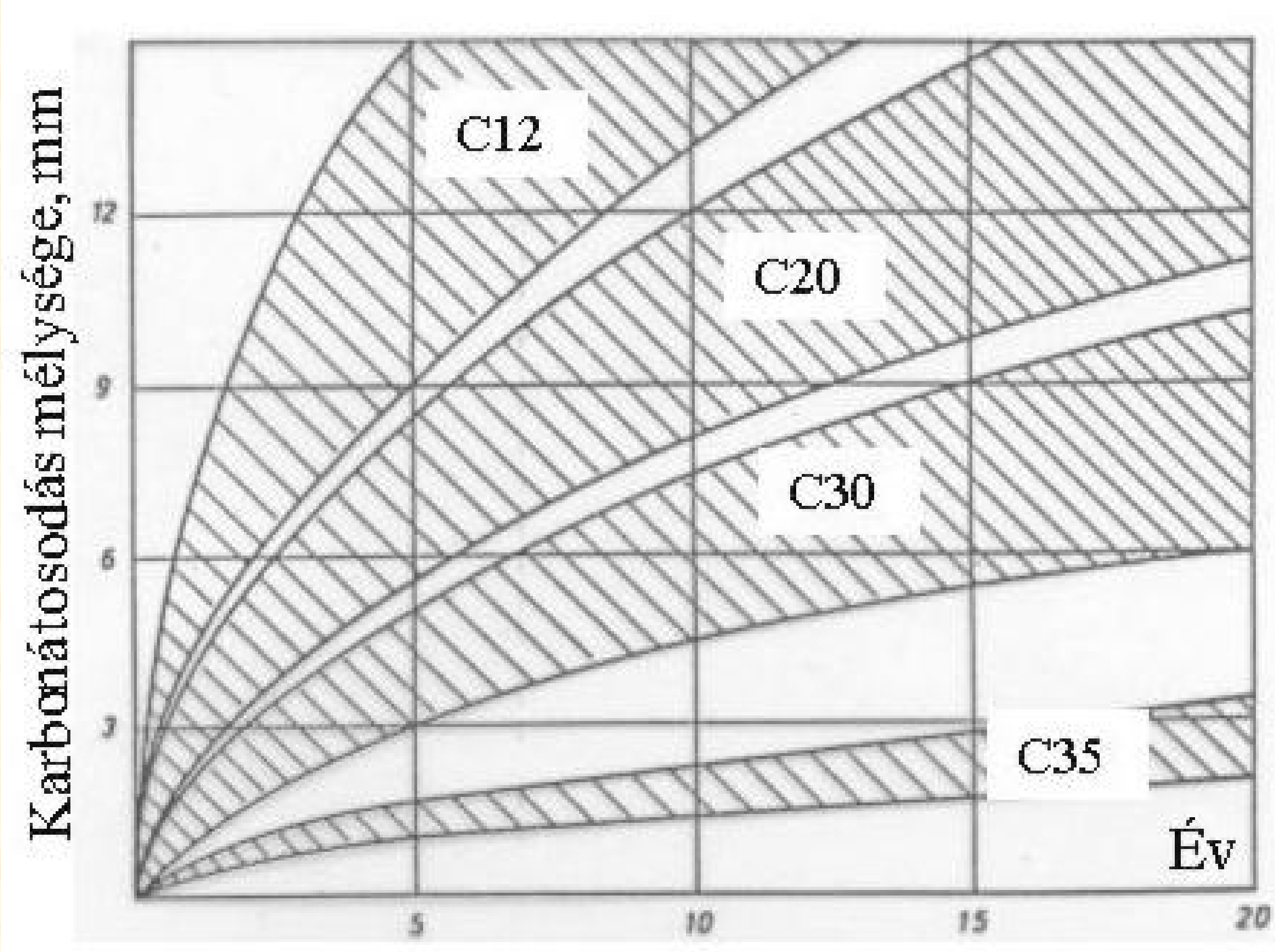
NAD N1. táblázat: Magyarországon alkalmazható környezeti osztályok és a beton tulajdonságokra előírt határértékek összefoglalása - 1 -

Alkalmazási terület	Környe-zeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya legalább	Beton cement-tartalma legalább kg/m³	Beton víz-cement-tényezője legfeljebb
1.1. Környezeti hatásoknak ki nem tett beton szerkezetek				
Környezeti hatásoknak (nedvesség, karbonáto-sodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás) nem ellenálló, szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	XN(H)	C8/10	(210)	(0,75)
Környezeti hatásoknak (nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás) nem ellenálló beton	X0b(H)	C12/15	(230)	(0,70)
1.2. Környezeti hatásoknak ki nem tett vasbeton szerkezetek				
Környezeti hatásoknak (nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás) nem ellenálló vasbeton, legfeljebb 35% relatív páratartalmú helyen	X0v(H)	C16/20	(250)	(0,70)

Az osztály jele	*A környezeti hatás leírása*	*Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására*
1. Nincs korróziós kockázat		
XN(H)	*Környezeti hatásoknak (nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás) nem ellenálló, szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton*	*Korróziónak ki nem tett kis szilárdságú aljzatbetonok, beton alaprétegek*

X0b(H)	***Vasalás vagy beágyazott fém nélküli beton esetén: valamennyi környezeti körülmény, kivéve azokat, ahol nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás fordul elő.***	***Vasalás nélküli, korróziónak ki nem tett kitöltő és kiegyenlítő beton***
X0v(H)	***Vasbeton vagy beágyazott fémet tartalmazó beton esetén: valamennyi környezeti körülmény, kivéve azokat, ahol nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás fordul elő.***	***Legfeljebb 35% relatív páratartalmú száraz helyen lévő belső helyiségben, vagy levegő hozzájutásától teljesen elzárt, száraz helyen lévő vasbeton esetén***

Alkalmazási terület	Környe-zeti osztály jele	Beton nyomó-szilárd-sági osztálya legalább, tájékoz-tatás	Beton cement-tartalma legalább kg/m^3	Beton víz-cement tényező-je legfel-jebb
2. Karbonátosodásnak ellenálló beton és vasbeton szerkezetek				
Száraz, vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt	XC1	C20/25	260	0,65
Nedves, ritkán száraz helyen (épület alapok)	XC2	C25/30	280	0,60
Mérsékelten nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben, vagy a szabadban, esőtől védett helyen	XC3	C30/37	280	0,55
Váltakozva nedves és száraz, víznek kitett helyen	XC4	C30/37	300	0,50



Karbonátosodás mélysége
az idő és a beton nyomószilárdsági osztálya függvényében.

Forrás: http://www.fh-campuswien.ac.at/bau@home/bausanierung/daten/4_5_3.htm

Az acélbetét korróziójának három környezeti feltétele van:

a.) nedvesség jelenléte

b.) oxigénnek az acélbetéthez jutása

c.) a beton lúgosságának megszűnése

Karbonátosodás:

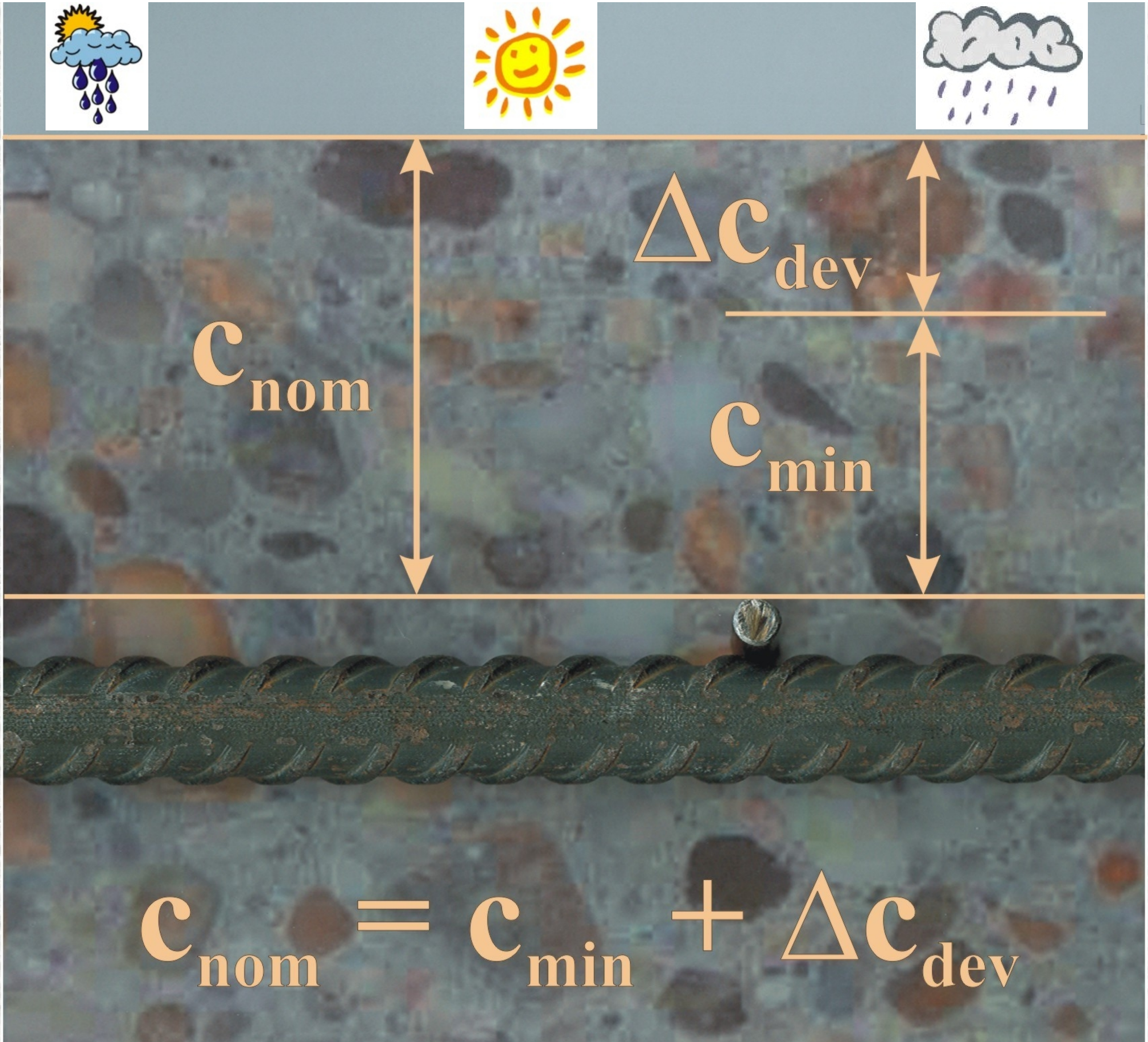
$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

Ezek kialakulását a betonfedés tömörsége és vastagsága befolyásolja.

Az előírt <u>névleges betonfedés</u> (c_{nom}) az előírt <u>legkisebb betonfedésnek</u> (c_{min}) a <u>kötelező ráhagyással</u> (Δc_{dev}) megnövelt, előírt értéke:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \text{ [mm]}$$

Az előírt névleges betonfedést (c_{nom}) kell a statikai számításokban alkalmazni és a szerkezeti terveken bejelölni.



$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

Környezeti osztály	Legkisebb betonfedés [c)] c_{min} mm		Kötelező ráhagyás [d)] Δc_{dev}, mm
	Betonacél	Feszítőbetét	
X0	10 [a)]	10 [b)]	10
XC1	10 [a)]	20 [b)]	10
XC2 – XC3	20 [a)]	30 [b)]	15
XC4	25 [a)]	35 [b)]	15
XD1 és XS1	30 [a)]	40 [b)]	15
XD2 és XS2	35 [a)]	45 [b)]	15
XD3 és XS3	40 [a)]	50 [b)]	15
XF1 – XF4 XA1 – XA3 XV1(H) – XV3(H)	45	55	15
XK1(H) – XK4(H)	50	60	15



Karbonátosodás, fagyás, jégolvasztó sózás hatására károsodott aluljáró födém

Szerkezeti osztály

Az építmények szerkezeti osztálya az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza szerinti fogalom. A szerkezeti osztályok tulajdonképpen tartalom nélküliek, a beton fedés szükséges mértékéről adnak tájékoztatást, ami pedig kihat többek között az adalékanyag névleges legnagyobb szemnagyságának megengedhető mértékére.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának 4.4.N és 4.5.N táblázata hat szerkezeti osztályt tartalmaz (jelük: S1-S6.) A szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése az 50 éves tervezési élettartamú és a szabvány E. mellékletében (E1N táblázat) szereplő környezeti osztályokhoz tartozó nyomószilárdsági osztályú betonokat az S4 szerkezeti osztályba javasolja sorolni.

Ezzel szemben az MSZ 4798-1:2004 szabvány NAD I1. táblázata az 50 év tervezési élettartamú betonokat S3 szerkezeti osztályúnak tekinti, *és ezzel feltételezi*, hogy a betonszerkezet-gyártás (betonkészítés, betonacél szerelés, beton bedolgozás, tömörítés, utókezelés) *kiemelt szintű minőségellenőrzés* mellett történik.

Tervezési élettartam	Szerkezeti osztály valamennyi környezeti osztályban, ha a minőségellenőrzés kiemelt szintű
< 50 év	S2
50 év	S3
100 év	S5

***Ha a minőségellenőrzés nem kiemelt szintű, vagy a beton tervezési élettartama 100 év*, akkor az ennek megfelelő szerkezeti osztályt illetve betonfedést kell alkalmazni:**

a) ha a tervezési élettartam 50 év és a minőségellenőrzés *nem* kiemelt szintű, akkor S4;

b) ha a tervezési élettartam 100 év és a minőségellenőrzés *nem* kiemelt szintű, akkor S6 szerkezeti osztályt kell (kellene) alkalmazni.

Tervezési élettartam	Szerkezeti osztály valamennyi környezeti osztályban, ha a minőségellenőrzés *nem* kiemelt szintű
< 50 év	S3
50 év	S4
100 év	S6

A betonacél tartóssága érdekében az előírt legkisebb betonfedések ($c_{min,dur}$) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4N táblázata alapján

Szerke-zeti osztály jele	Környezeti osztály								
	X0	XC1	XC2, XC3	XC4	XD1, XS1	XD2, XS2	XD3, XS3	XF1–XF4 XA1–XA3 XV1(H) – XV3(H) XF2(H), XF3(H)	XK1(H) – XK5(H)
	Előírt legkisebb betonfedés ($c_{min,dur}$), mm								
S1.	10	10	10	15	20	25	30	35	40
S2.	10	10	15	20	25	30	35	40	45
S3.	10	10	20	25	30	35	40	45	50
S4.	10	15	25	30	35	40	45	50	55
S5.	15	20	30	35	40	45	50	55	60
S6.	20	25	35	40	45	50	55	60	65

A betonacél tartóssága érdekében az előírt legkisebb betonfedések ($c_{min,dur}$) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4N táblázata alapján

Szerkezeti osztály jele	Környezeti osztály								
	X0	XC1	XC2, XC3	XC4	XD1, XS1	XD2, XS2	XD3, XS3	XF1–XF4 XA1–XA3 XV1(H)–XV3(H) XF2(H), XF3(H)	XK1(H)–XK5(H)
	Előírt legkisebb betonfedés ($c_{min,dur}$), mm								
S1.	10	10	10	15	20	25	30	35	40
S2.	10	10	15	20	25	30	35	40	45
S3.	10	10	20	25	50 év, kiemelt minőség-ellenőrzés, MSZ 4798				
S4.	10	15	25	30	50 év, nincs kiemelt minőségellenőrzés				
S5.	15	20	30	35	100 év, kiemelt minőségellenőrzés				
S6.	20	25	35	40	100 év, nincs kiemelt minőségellenőrzés				

Feszítőacélok tartóssága érdekében az előírt legkisebb betonfedések ($c_{min,dur}$) az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4N táblázata alapján

Szerkezeti osztály jele	Környezeti osztály								
	X0	XC1	XC2, XC3	XC4	XD1, XS1	XD2, XS2	XD3, XS3	XF1–XF4 XA1–XA3 XV1(H) – XV3(H) XF2(H), XF3(H)	XK1(H) – XK5(H)
	Előírt legkisebb betonfedés ($c_{min,dur}$), mm								
S1.	10	15	20	25	30	35	40	45	50
S2.	10	15	25	30	35	40	45	50	55
S3.	10	20	30	35	40	45	50	55	60
S4.	10	25	35	40	45	50	55	60	65
S5.	15	30	40	45	50	55	60	65	70
S6.	20	35	45	50	55	60	65	70	75

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya legalább, tájékoztatás	Beton cement-tartalma legalább kg/m³	Beton víz-cement tényezője legfeljebb
3. Kloridoknak ellenálló beton és vasbeton szerkezetek				
Mérsékelten nedves helyen, levegőből származó kloridoknak kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett, korrózióálló beton	**XD1**	**C30/37**	**300**	**0,55**
Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő kloridoknak kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett, korrózióálló beton (úszómedencék, ipari vizek, talajvizek hatása)	**XD2**	**C30/37**	**300**	**0,55**
Váltakozva nedves és száraz helyen, jégolvasztó kloridok permetének kitett korrózióálló beton (hídelemek, járdák, útburkolatok, autóparkolók födémei)	**XD3**	**C35/45**	**320**	**0,45**
	Magyarországon a fagy/olvadási ciklusoknak és jégolvasztó sóknak kitett betonokat az XD3 környezeti osztály helyett az XF4 környezeti osztályba kell sorolni.			
4. Tengervízből származó klorid által okozott korrózió *NAD N1.1. MEGJEGYZÉS: Magyarországon csak különleges esetben használatos környezeti osztály*				

Alkalmazási terület	Környe-zeti osztály jele	Beton nyomó-szilárd-sági Osztá-lya leg-alább	Beton cement tartal-ma leg-alább kg/m^3	Beton víz-cement ténye-zője legfel-jebb	Egyéb követelmény
6. Talaj és talajvíz kémiai korróziójának ellenálló beton és vasbeton szerkezetek					
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, enyhén korrózióálló beton	XA1	C30/37	300	0,55	Bármely MSZ EN 197-1:2000 szerinti CEM II fajtájú kohósalak-portlandcement
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, mérsékelten korrózió- és szulfátálló beton	XA2	C30/37	320	0,50	MSZ 4737-1:2002 szerinti MS jelű mérsékelten szulfátálló vagy S jelű szulfátálló portlandcement vagy MSZ EN 197-1:2000 szerinti CEM III/A 32,5 N kohósalak-cement
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, erősen korrózió- és szulfátálló beton	XA3	C35/45	360	0,45	MSZ 4737-1:2002 szerinti S jelű szulfátálló portlandcement vagy CEM III fajtájú kohósalakcement MSZ EN 197-1 és az MSZ 4737-1 szabvány szerinti CEM III/B 32,5 N kohósalakcement

Környezeti osztályok
a természetes talaj és talajvíz okozta kémiai korrózió esetén

Kémiai jellemző	Referencia vizsgálati módszer	XA1	XA2	XA3
Talajvíz				
SO_4, mg/l	MSZ EN 196-2	≥ 200 és ≤ 600	> 600 és ≤ 3000	> 3000 és ≤ 6000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 és ³ 5,5	< 5,5 és ≥ 4,5	< 4,5 és ≥ 4,0
agresszív CO_2 mg/l	prEN 13577:1999	≥ 15 és ≤ 40	> 40 és ≤ 100	> 100 telítésig
NH_4, mg/l	ISO 7150-1 vagy ISO 7150-2	≥ 15 és ≤ 30	> 30 és ≤ 60	> 60 és ≤ 100
Mg^{2+}, mg/l	ISO 7980	≥ 300 és ≤ 1000	> 1000 és ≤ 3000	> 3000 telítésig
Talaj				
SO_4 összes, mg/kg	MSZ EN 196-2	≥ 2000 és ≤ 3000	> 3000 és ≤ 12000	> 12000 és ≤ 24000
Savasság, ml/kg	DIN 4030-2	> 200 Baumann Gully	A gyakorlatban nem fordul elő	

Az ÖNORM B 5017:2000 szabvány szerint a közműépítési beton esetén oldódásos betonkorróziót okoz a talajvíz ≤ 6,5 pH érték, ≥ 15 mg/liter CO_2-tartalom, ≥ 15 mg/liter NH_4^+-tartalom, ≥ 300 mg/liter Mg^{2+}-tartalom és °dH = 0-3 közötti keménység (azaz lágyvíz) esetén, a talaj > 200 mliter/kg savasság esetén (a határértékek lényegében megegyeznek az MSZ EN 206-1:2002 szabvány 2. táblázata szerinti, az XA1 környezeti osztályra vonatkozó értékekkel, a talajvíz keménysége csak az osztrák XA1L környezeti osztály jellemzője).
Az ÖNORM B 5017:2000 osztrák szabványban a szennyvizek megengedett CO_2-tartalma a talajvizekre előírt értéknél kisebb. A szennyvíz és a tisztításából eredő CO_2-tartalma együttes mennyisége az XA2L környezeti osztályban legfeljebb 60 mg/liter, az XA3L környezeti osztályban legfeljebb 100 mg/liter lehet.

Az ÖNORM B 5017:2000 szabvány szerint a közműépítési beton esetén duzzadásos betonkorróziót okoz a talajvíz ≥ 200 mg/liter SO_4^{2-}-tartalom esetén, és a talaj 2000 mg/kg összes SO_4^{2-}-tartalom esetén (a határértékek megegyeznek az MSZ EN 206-1:2002 szabvány 2. táblázata szerinti, az XA1 környezeti osztályra vonatkozó értékekkel).

A savak vagy lágy víz okozta *oldódásos korrózió*

Oldódásos betonkorrózióról beszélünk, ha a szilárd betont kívülről folyamatosan savak, illetve savas vizek (például szénsavas gyógyvizek, ún. savanyúvizek) érik, amelyek pH értéke kicsi. A savak hatására a cementkő és a finomszemű karbonátos adalékanyag egy része kioldódik.

A cement bázikus anyag, ezért a különböző cementek majdnem minden összetevője savban oldható, így a cementkövet a szerves és szervetlen savak általában megtámadják. A cementkő bonyolult meszes fázisait a savak vízoldható fázisokká alakítják, amelyek vizes és atmoszférikus hatásokra lebomlanak, oldódnak.

Az esővíz és a lágy víz is képes a cementkő vízoldható összetevőit (szabad kalcium-hidroxid) lassan oldani. Ilyenkor az adalékanyag szemek között a felületen a cementkő egyre inkább korrodálódik, sőt a porózus mészkő vagy dolomit szemek maguk is oldódhatnak.

Esővíz hatására a szabadban lévő beton felülete tíz évente általában 1 mm mélyen oldódik.

A lágy víz kilúgozó hatására a betonban lévő szabad kalcium-hidroxid kioldódása a cementkő többi alkotórészének is a felbomlásához vezethet, amelynek következtében a beton elveszti szilárdságát és szétesik.

Vízkeménységnek a vízben oldott ásványi anyagok mennyiségét nevezzük, melyet különféle módokon lehetséges meghatározni. A víz keménységét a benne oldott kalcium- és magnéziumsók mennyisége befolyásolja.

A **változó keménységet** (más nevén karbonátkeménység) a kalcium-hidrogén-karbonát ($Ca(HCO_3)_2$), illetve a magnézium-hidrogén-karbonát ($Mg(HCO_3)_2$) mennyisége okozza. Ezek mennyisége forralással csökkenthető, mivel ilyenkor vízben oldhatatlan karbonátok formájában ($CaCO_3$) kiválnak.

Az **állandó keménységet** a szulfátok, kloridok okozzák (kénsavas és sósavas sók, mint kalcium-szulfát, kalcium-klorid, magnézium-szulfát stb.) melyek hő hatására sem válnak ki.

A két keménység együttesen adja meg a **víz összkeménységét**.

A keménységet általában keménységi fokban adjuk meg. Magyarországon jellemzően a német keménységi fokot használják (jele nk°):

0–4 nk° nagyon lágy

4–8 nk° lágy

8–18 nk° közepesen kemény

18–30 nk° kemény

30 nk° felett nagyon kemény

Forrás:
http://hu.wikipedia.org/wiki/V%C3%ADzkem%C3%A9nys%C3%A9g

1 nk° keménységű az a víz, mely 10 mg/l kalcium-oxiddal (CaO) egyenértékű kalcium- vagy magnéziumvegyületet tartalmaz.

Az oldódásos betonkorrózió mértékét jelentősen befolyásolja a hőmérséklet, 20 °C fölött általában gyorsabb és erősebb a korrózió, szemben a hidegben fokozódó duzzadásos szulfát-korrózióval, ami szintén e kétféle korrózió külön tárgyalását indokolja.

Az oldódásos betonkorrózió ellenszereként bevált a pernye kiegészítőanyag alkalmazása, mert általa a beton szövetszerkezete tömörebb lesz. Szilikapor kiegészítőanyag használata esetén különösen a cement és az adalékanyag határfelülete lesz tömör. A cement tömegére vett 7 tömeg% szilikaporral, nagy hatású folyósító adalékszerrel és 0,35 értékű víz-cement tényezővel készített nagyszilárdságú beton (≥ C55/67) általában kétszer olyan jól ellenáll az oldódásos betonkorróziónak, mint a 0,45 víz-cement tényezővel készített közönséges beton. Például hűtőtorony építéshez oldódásos betonkorróziónak jól ellenálló C70/85 nyomószilárdsági osztályú nagyszilárdságú betont fejlesztettek ki (Springenschmid 2007).

Vannak savállónak és szulfátállónak mondott, klinkert nem vagy csak alig tartalmazó cementek. Ilyen például a kis hőfejlesztésű, C_3A-mentes Slagstar márkanevű osztrák kötőanyag (Wopfinger Baustoffindustrie GmbH, *Novák Dénes*), amelynek mintegy 79-85 tömeg% kohósalak és 10-20 tömeg% gipsz tartalma van, és hidratációja során alig keletkezik szabad $Ca(OH)_2$.



Beton szennyvízcsatornák esetén az **oldódásos betonkorróziót** okozó savak hatására már néhány év alatt jelentős károk keletkezhetnek. Ezt különösen nagyon lassú folyási sebesség és nem megfelelő levegőztetés esetén lehet tapasztalni, mert az eltávozó kén-hidrogén (H_2S) és szerves poliszulfidok (például: $(CH_3)2S$, CH_3SSCH_3) kénsavvá oxidálódnak.

Szennyvíz ülepítő vasbeton medence

A szennyvíz tele van kén vegyületekkel (ettől büdös). A vasbeton medencék, csatornák szennyvíz feletti belső felületén bacilusok tenyésznek.

A bacilusok a szennyvízben lévő kén vegyületek elégetésével tartják fenn szervezetüket, és eközben kén-dioxidot (kénsavat) termelnek. A bacilusok által termelt kénsav szétmarja a medencék és csatornák szennyvíz feletti betonfalát.

Duzzadásos korróziót okozó szulfátion-tartalom beton károsító hatása

Duzzadásos betonkorróziót **elsősorban a gipszet vagy más szulfátot tartalmazó vizek, gázok okoznak, amelyek a szilárd betonba hatolva a cementkövet megtámadják, ami új ásványok (kalcium-szulfoaluminát-hidrátok) – mint a *másodlagos ettringit* (3CaO·Al2O3·3CaSO4·32H2O) vagy a *taumazit* (CaSiO3·CaCO3·CaSO4·15H2O) – képződéséhez vezet.**

Duzzadásos korróziónak kitett betonokat a szulfátion (SO_4^{2-}) tartalom alapján kell környezeti osztályba sorolni.

Szulfátos talajvíz hatására a szilárd cementkő monoszulfát összetevőjéből (egyik trikalcium-aluminát-hidrát fázis) másodlagos ettringit képződés indul el. A másodlagos ettringit kristályosodása során a térfogatát mintegy 2,5-szeresére növeli, és ezeknek a kristályoknak a jelentős duzzadása a betont szétrepeszti. Ezeket a tűkristályokat cementbacilus-nak is nevezik.

Minél több a cementben a trikalcium-aluminát-hidrát fázis, annál kevésbé szulfátálló, és annál hajlamosabb a szulfátos duzzadásra.

Az aluminát-modulus (a cementklinker alumínium-oxid és vas-oxid összetevőinek hányadosa, AM = Al_2O_3/Fe_2O_3) csökkenésével a cement szulfátállósága nő,

- **a szulfátálló cementek aluminát-modulusa legfeljebb 0,7,**
- **a mérsékelten szulfátálló cementeké legfeljebb 1,0 (MSZ 4737-1:2002).**

Ha a klinkerből a trikalcium-aluminát (C_3A, felit) ásvány hiányzik vagy kicsi a mennyisége, akkor a cement szulfátálló, a tetrakalcium-aluminát-ferrit (C_4AF, celit) mennyiség növekedésével viszont javul a cement szulfátállósága.

Szulfátálló a CEM III/B és a CEM III/C jelű, mérsékelten szulfátálló a CEM III/A jelű kohósalakcement is (MSZ EN 197-1:2000). Ugyanakkor a szulfátálló cementek csak nagyon kis kloridion mennyiséget kötnek meg.

A kohósalakcementek a beton szövetszerkezetét tömörré teszik, és ezzel csökkentik a szulfátok és más káros anyagok betonba diffundálását.

Összegezve: A betonra káros vegyi hatások különbözősége nem engedi meg, hogy általában a kemikáliáknak ellenálló betonról beszéljünk. Minden egyes esetben tisztázni kell, hogy a betonra várhatóan milyen agresszív anyagok fognak hatni, és ennek megfelelően kell a beton összetételét megtervezni és a betont összeállítani.

Ez mindenféle betonkorrózióra igaz, hangsúlyozva, hogy a például a CEM II/A-L és a CEM II/B-L típusú mészkőliszt-portlandcementet az XA1L, XA2L és XA3L oldódásos korrózió (Lösender Angriff) környezeti osztályában szabad, de az XA1T, XA2T és XA3T duzzadásos szulfátkorróziós (Treibender Angriff) környezeti osztályban nem szabad használni (ÖNORM B 4710-1:2007 osztrák szabvány).

Példa a környezeti osztályok táblázatainak MSZ 4798-1:2004 szabványban lévő eredeti alakjára

Alkalmazási terület	*Környezeti osztály jele*	*Beton nyomószilárdsági osztálya legalább*	*Beton cementtartalma legalább kg/m³*	*Beton víz-cement tényezője legfeljebb*	*Friss beton testsűrűsége legalább kg/m³*	*Kiszárított szilárd beton testsűrűsége legalább kg/m³*	*Egyéb követelmény*
6. Talaj és talajvíz kémiai korróziójának ellenálló beton és vasbeton szerkezetek							
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, enyhén korrózióálló beton	*XA1*	*C30/37*	*300*	*0,55*	*2360*	*2290*	*Bármely MSZ EN 197-1:2000 szerinti CEM II fajtájú kohósalak-portlandcement*

EZ A KÉT OSZLOP HIBÁS

A friss beton és a szilárd beton testsűrűsége nem csak a bedolgozástól, hanem a beton összetételétől is (beleértve az összetevők testsűrűségét is) függ, amely utóbbiak variációja végtelen, ezért a testsűrűség követelmény értékét a szabványban előírni hiba.

A friss beton tervezett testsűrűségét a beton tervezőjének kell kiszámítania, és ezt a tervezett (az adott összetételű keverékre előírt) testsűrűséget kell összehasonlítani a próbakeverés során mért tényleges testsűrűséggel.

Követelmény: A bedolgozott friss beton tényleges testsűrűsége érje el a tervezett értéket.

Az építési célnak — beleértve a tartósságot is — csak a kellően bedolgozott, megkövetelt tömörségű, zárványmentes beton felel meg, ezért a bedolgozott friss beton levegőtartalmát korlátozni kell. Magyarországon a friss beton bennmaradt levegőtartalmának (a levegőzárványoknak) ajánlott tervezési értéke a következő:

Beton		A friss beton ajánlott levegőtartalma
Általában		legfeljebb 2,0 térf.%
Vízzáró beton		legfeljebb 1,0 térf.%
Kopásálló zúzottkőbeton		legfeljebb 3,0 térf.%
Légbuborékképző adalékszer nélküli fagyálló beton	XF1|	legfeljebb 2,0 térf.%
	XF2(BV-MI) |+Cl és XF3(BV-MI) _	legfeljebb 1,5 térf.%
Légbuborékképző adalékszerrel készített fagyálló beton, XF2 |+Cl , XF3 _, XF4 _ +Cl		bevitt levegőtartalom legalább 4,0 térf.%; azaz összesen: (4,0 – 6,0) térf.%
Bontott adalékanyagú újrahasznosított beton, általában		0,5 térfogat%-kal több, mint kavicsbeton esetén

100 év használati élettartamú

(pl. hídszerkezeti, vízépítési)

betonok esetén a friss, bedolgozott beton

bennmaradt levegőtartalma

ne legyen nagyobb, mint

általában 2,0 térfogat%;

vasbeton szerkezet esetén 1,5 térfogat%;

feszített vasbeton szerkezet esetén

1,0 térfogat%;

vízzáró beton esetén 1,0 térfogat%;

kopásálló zúzottkőbeton esetén 2,0 térfogat%

légbuborékképző adalékszer nélkül készített fagyálló, függőleges felületű beton

(XF1 |)esetén, 1,5 térfogat%;

légbuborékképző adalékszer nélkül készített fagyálló, vízszintes felületű beton

(XF3(BV-MI) _) esetén, 1,0 térfogat%;

légbuborékképző adalékszer nélkül készített fagy- és olvasztósó-álló, függőleges felületű beton

(XF2(BV-MI) $|_{+Cl}$) esetén, 1,0 térfogat%

A friss beton testsűrűségének tervezése a tervezett levegőtartalom figyelembevételével:

$$\rho_{friss\ beton} = M_C + x \cdot M_C + \rho_A \cdot \left(1 - \frac{M_C}{\rho_C} - \frac{M_V}{1000} - \frac{V_L^{\%}}{100} \right) \qquad [kg/m^3]$$

ahol az adalékanyag térfogata:

$$V_A = 1 - \frac{M_C}{\rho_C} - \frac{x \cdot M_C}{1000} - \frac{V_L^{\%}}{100} \qquad [m^3/m^3]$$

és az adalékanyag keverék súlyozott testsűrűsége:

$$\rho_A = \frac{1}{\left(\frac{\alpha}{\rho_\alpha} + \frac{\beta}{\rho_\beta} + \frac{\gamma}{\rho_\gamma} + \ldots \right)} \qquad [kg/m^3]$$

A beton tényleges levegő-tartalmának nem szabad a tervezett levegő-tartalomnál nagyobbnak, fagyálló, vagy fagy- és olvasztósó-álló beton esetén kisebbnek lennie, illetve ezt a követelményt az előírt megengedett tűréssel kell teljesítenie.

Ha az adott keverék esetén az alkalmazott tömörítéssel ez a feltétel nem teljesíthető, akkor vagy a tömörítés módját kell megváltoztatni, vagy a betonösszetételt kell áttervezni.

Ha valamely beton többféle környezeti hatásnak van kitéve, akkor „azokat a környezeti körülményeket, amelyeknek (a beton) ki van téve, szükséges lehet… a környezeti osztályok kombinációjaként kifejezni.” (MSZ EN 206-1:2002)

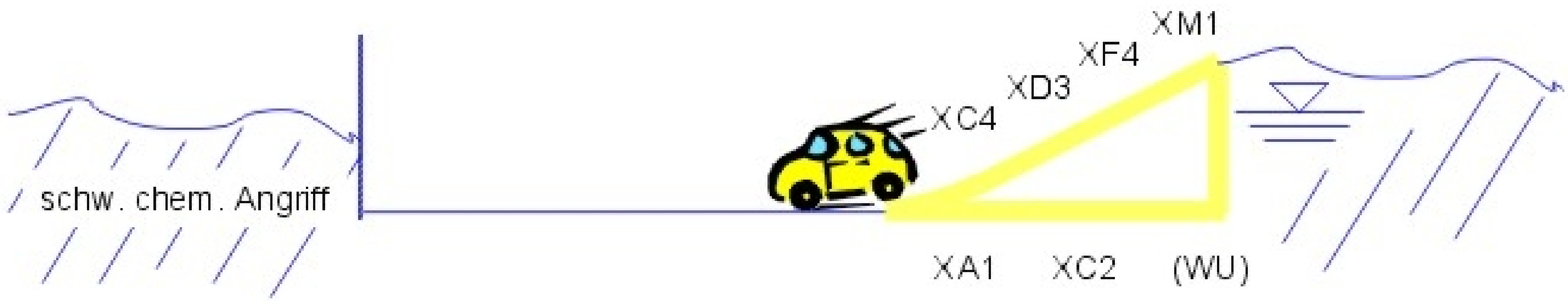
Például valamely esőnek és fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli, agresszív talajvízzel érintkező vasbeton támfal légbuborékképző adalékékszer nélkül, szulfátálló cementtel készülő betonjának

környezeti osztály csoportja:

XC4, XF1, XA2, XV1(H);

XC4	C30/37	$c \geq 300$	$x \leq 0,5$	$V_{lev} \leq 2$
XF1	C30/37	$c \geq 300$	$x \leq 0,55$	$V_{lev} \leq 2$
XA2	C30/37	$c \geq 320$	$x \leq 0,5$	$V_{lev} \leq 2$
XV1(H)	C25/30	$c \geq 300$	$x \leq 0,6$	$V_{lev} \leq 1$

Beispiel
Grenzwerte der Zusammensetzung für den Beton der Rampe



Rampe		Zementgehalt [kg/m³]	mit Typ II	w/z-Wert	Festigkeit
Außenbauteil, bewehrt	XC4 (oben)	280	270	0,60	C25/30
Chloridangriff, ohne Frost	XD3 (oben)	320	270	0,45	C35/45
Frost-Taumittelangriff, horizontale Fläche	XF4 (oben)	320	320	0,50	C30/37
Mäßige Verschleißbeanspruchung	XM1 (oben)	300	270	0,55	C30/37
Schwacher chemischer Angriff	XA1 (unten)	280	270	0,60	C25/30
Gründungsbauteil, nass selten trocken	XC2 (unten)	240	240	0,75	C16/20
Hoher Wassereindringwiderstand für h > 0,40 m	(WU)	-	-	0,70	-

Mindestanforderungen an die Betonzusammensetzung		Zementgehalt	mit Typ II	w/z-Wert	Festigkeit
	LP-Beton	320	320	0,45	C30/37

Teil der Festlegung Stahlbeton C30/37 XC4, XD3, XF4, XM1, XA1 (WU)

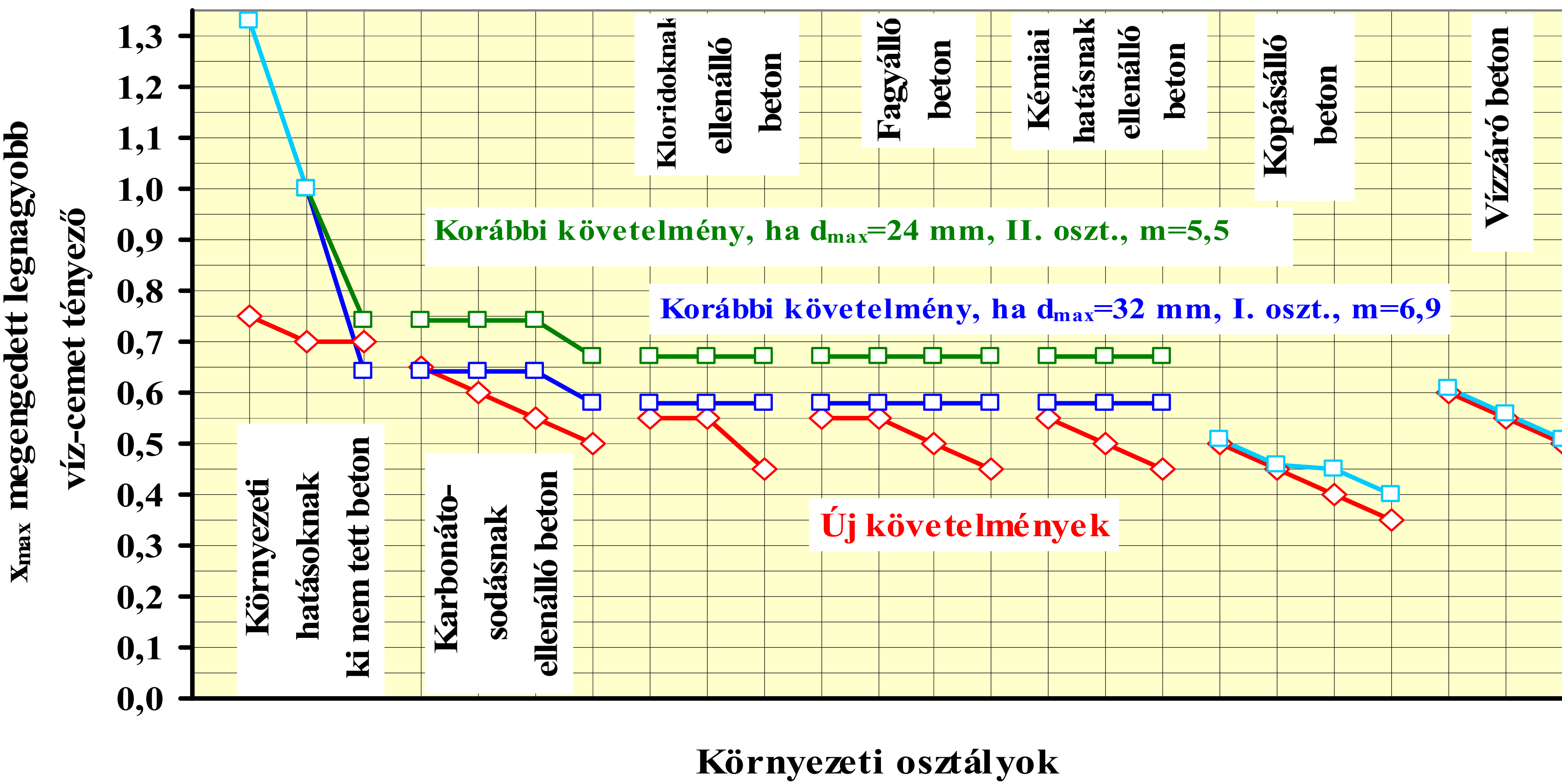
Az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály és a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798-1:2004 szabványban ajánlott legkisebb nyomószilárdsági osztály közül általában a nagyobb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni.
Ennek értelmében, ha az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály nagyobb, mint a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798-1:2004 szabványban ajánlott legkisebb nyomószilárdsági osztály, akkor természetesen az erőtani számítás eredménye alapján megállapított nyomószilárdsági osztály a mértékadó.
Ha az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály kisebb, mint a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798-1:2004 szabványban ajánlott legkisebb nyomószilárdsági osztály, de az adott építmény esetén felelősséggel nem bizonyított, hogy az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak ellenálló beton készítéséhez elegendő, akkor a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798-1:2004 szabványban ajánlott legkisebb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni.

Az új és a korábbi környezeti követelmények összevetése

A megengedett legnagyobb víz-cement tényező

A példa jellemzői: a beton KK konzisztenciájú, az adalékanyag

d_{max} = 24 mm, II. osztályú, m = 5,5 és d_{max} = 32 mm, I. osztályú, m = 6,9



Következtetés

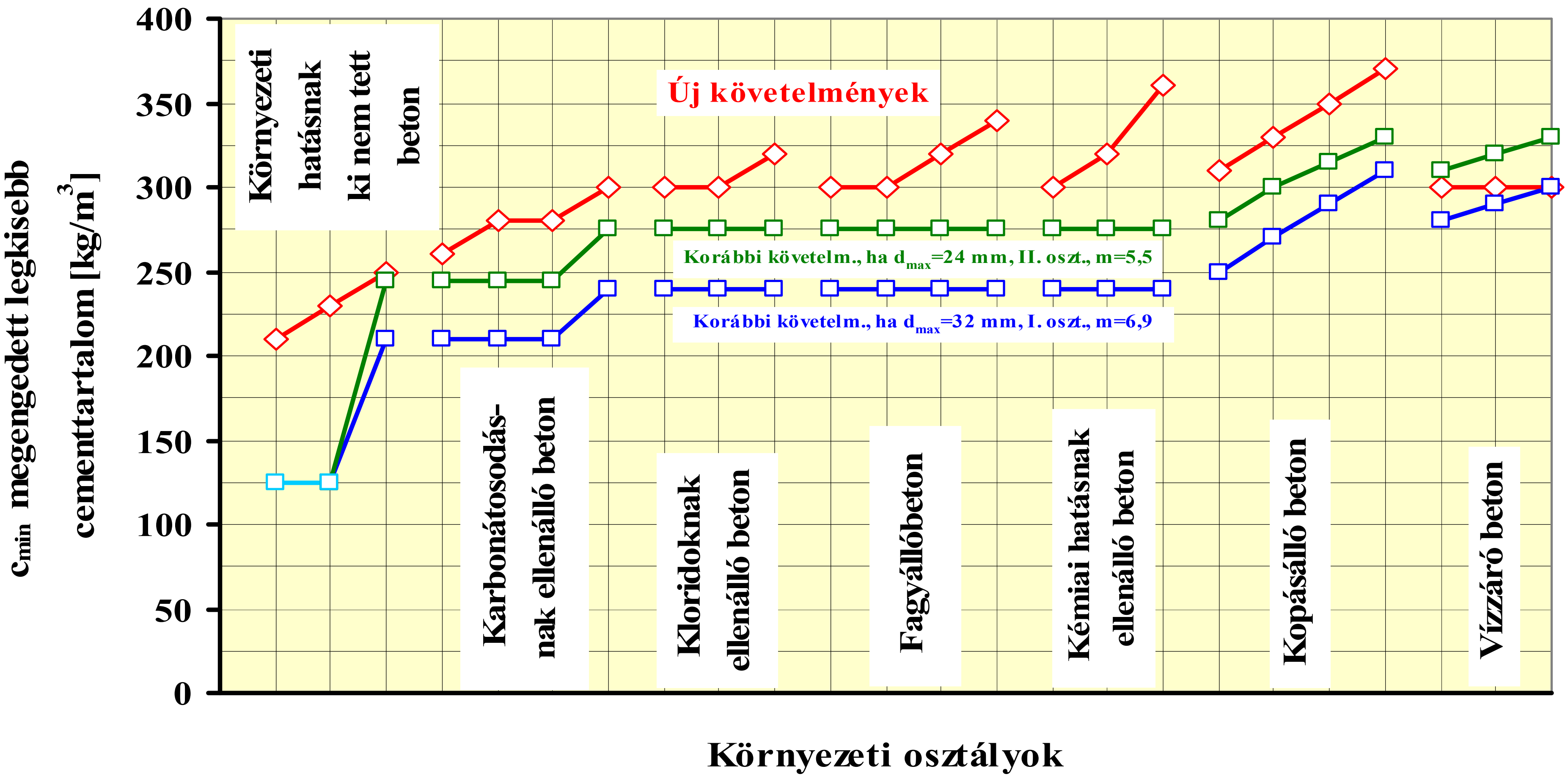
Az új betonszabvány a környezeti feltételek teljesüléséhez mintegy 0,1 - 0,2 értékkel kisebb víz-cement tényező alkalmazását engedi meg, mint amekkorának az alkalmazását a korábbi környezeti követelmény lehetővé tette.

Az új és a korábbi környezeti követelmények összevetése

Megengedett legkisebb cementtartalom

A példa jellemzői: a beton KK konzisztenciájú, az adalékanyag

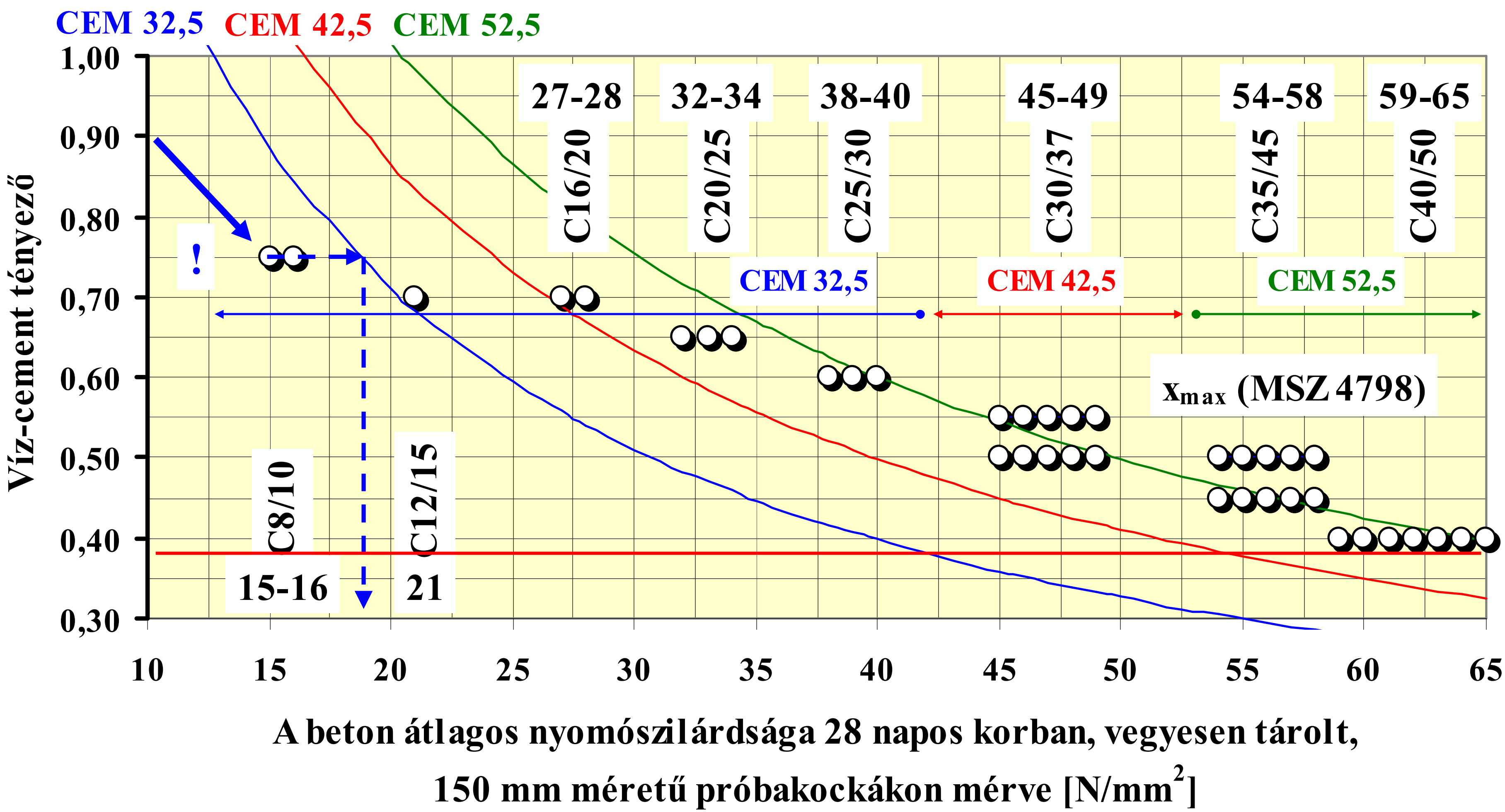
d_{max} = 24 mm, II. osztályú, m = 5,5 és d_{max} = 32 mm, I. osztályú, m = 6,9



Következtetés

Az új betonszabvány a környezeti feltételek teljesüléséhez betonköbméterenként mintegy 25-50 kg-mal nagyobb legkisebb cementtartalmat ír elő, mint amennyit a korábbi környezeti követelmény szerint alkalmazni kellett.

A beton víz-cement tényező függvénye *Bolomey és Palotás* után, valamint az MSZ 4798 szerint megengedett legnagyobb víz-cement tényező



Következtetés

A víz-cement tényező x = 0,38 körüli alsó értéke határt szab a cement minőségének. Ennek megfelelő cement használat mellett az alkalmazandó víz-cement tényező rendszerint nem éri el a környezeti követelmény szerinti megengedett legnagyobb víz-cement tényezőt.

Ha a megengedett legnagyobb víz-cement tényező a szükséges konzisztencia beállításához esetleg mégsem elegendő, akkor a konzisztenciát az előírt víz-cement tényező betartása mellett folyósítószer alkalmazásával kell megfelelővé tenni.

FAGYÁLLÓSÁG



Ha a betontól

•fagyállóságot (XF1 és XF3 környezeti osztály) vagy

•fagyállóságot és olvasztósó-állóságot (XF2 és XF4 környezeti osztály)

követelnek meg (lásd az 1., F1, és NAD F1. táblázatot), akkor a cementtartalom, a víz/cement tényező, a levegőtartalom és a nyomószilárdsági osztály feleljen meg az MSZ 4798-1:2004 szabvány F1. és a NAD F1. táblázat előírásainak.

5.1. Függőleges felületű fagyálló beton és vasbeton szerkezetek					
Függőleges felületű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli fagyálló beton	*XF1*	*C30/37*	*300*	*0,55*	*Légbuborék-képző adalékszer nélkül készül a beton.*
Függőleges felületű, mérsékelt víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sók permetének kitett fagyálló beton	*XF2*	*C25/30*	*300*	*0,55*	*Levegő-tartalom (képzett) legalább 4 térfogat-százalék. Légbuborék-képző adalékszerrel készül a beton.*

5.2. Vízszintes felületű fagyálló beton és vasbeton szerkezetek

Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli fagyálló beton	XF3	C30/37	320	0,50	Levegő-tartalom (képzett) legalább 4 térfogat%. Légbuborék-képző adalékszerrel készül a beton.	
Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett, fagyálló beton (útburkolatok, híd pályalemezek)	XF4	C30/37	340	0,45	Levegő-tartalom (képzett) legalább 4 térfogat%. Légbuborék-képző adalékszerrel készül a beton.	

MSZ 4798-1:2004*: *Magyarországon XF2 – XF4 környezeti osztályú betonokat légbuborékképzőszer nélkül készíteni nem szabad.

MSZ EN 206-1:2002: „Ha a betonban nincs mesterséges légbuborék, akkor a beton teljesítményét megfelelő módszerrel meg kell vizsgálni olyan betonnal összehasonlítva, amelyre az adott környezeti osztály esetén a fagyás/olvadás állóságot bebizonyították."

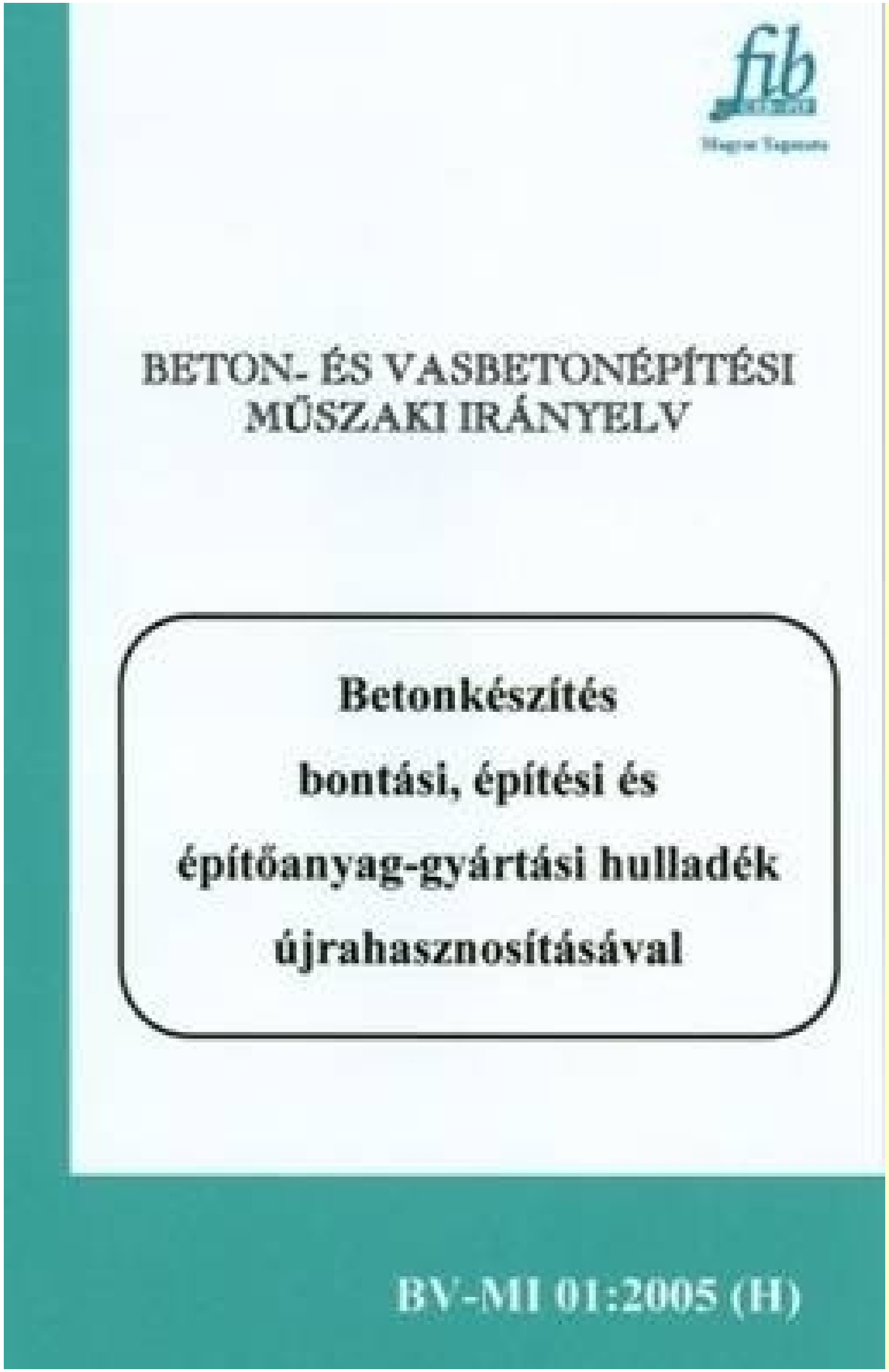
DIN 1045-2:2001 (az EN 206-1:2000 szabvány német nemzeti alkalmazási dokumentuma) a fagy- és olvasztósó-álló beton egyik változataként a légbuborékképzőszer nélkül készülő betonra külön XF2 és XF3 környezeti osztályt is megad.

Ezeket a környezeti osztályokat XF2(BV-MI) és XF3(BV-MI) jelekkel szerkezeti (nem útpályaszerkezeti) betonok esetén Magyarországon is alkalmazhatjuk.

	Környezeti osztályok fagyás-olvadás okozta károsodás esetén					
	az MSZ EN 206-1:2002 és az MSZ 4798-1:2004 szabvány F1. táblázata szerint				a DIN 1045-2:2001 szabvány F.2.2. táblázata alapján	
Környezeti osztály jele	XF1	XF2	XF3	XF4	XF2(BV-MI)	XF3(BV-MI)
		Légbuborékképző adalékszerrel			Légbuborékképző-szer nélkül	
Legnagyobb v/c	0,55	0,55	0,50	0,45	0,50	0,50
Legkisebb szilárdsági osztály [c)]	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45
Legkisebb cementtar-talom, kg/m^3	300	300	320	340	320	320
Legkisebb (képzett) levegőtartalom, térfogat%	-	4,0	4,0	4,0	-	-
Friss beton levegőtartalma, térfogat%	max. 2,0	Összesen: 4,0 – 6,0	Összesen: 4,0 – 6,0	Összesen: 4,0 – 6,0	max. 1,5	max. 1,5

Fagyálló, ill. fagy- és olvasztósó-álló betonok környezeti osztályai

Környezeti osztály	Olvasztósó hatás éri a betont	A beton felülete	Légbuborék-képző szerrel készül a beton
XF1	Nem	Függőleges	Nem
XF2	Igen	Függőleges	Igen
XF3	Nem	Vízszintes	Igen
XF4	Igen	Vízszintes	Igen
XF2(BV-MI)	Igen	Függőleges	Nem
XF3(BV-MI)	Nem	Vízszintes	Nem



A *fib MT (Nemzetközi Betonszövetség Magyar Tagozata)* által kidolgozott műszaki irányelv egy év (2004/2005) alatt készült el, és a *KvVM Hulladék-gazdálkodási és Technológiai Főosztály* ajánlásával 2005. őszén jelent meg.

A műszaki irányelv

a Betonopus Bt. honlapjáról

szabadon letölthető:



http://www.betonopus.hu/notesz/fib-bv-mi/fib-bv-mi-01.pdf

Fagyállóság

Ha a szilárd beton fagyállóságát meg kell határozni, akkor a vizsgálati módszerben és a megfelelőségi feltételekben az előírónak és a gyártónak meg kell egyeznie. Megegyezéses vizsgálati módszer hiányában, ha a beton nincs olvasztósó hatásának kitéve (XF1 és XF3 környezeti osztály), akkor a <u>fagyállóságot közvetett módon</u> is elő szabad írni, a betonösszetétel határértékeivel (lásd az F1. vagy NAD N1. táblázatot).

ha **a beton nincs olvasztósó hatásának kitéve (XF1 és XF3 környezeti osztály), *de* közvetlen vizsgálatot írnak elő, akkor a vizsgálatot 7 db vízzel telített, legalább 28 napos, de legfeljebb 35 napos próbatest felhasználásával kell elvégezni: ebből**

3 db fagyasztásra kerül,

3 db nem fagyasztott referencia próbatest és

1 db fagyasztott próbatest, amelyiknek a geometriai középpontjában a hőmérsékletet mérni kell.

Ez az A. fagyállóság vizsgálati eset

A. eset: Fagyállóság vizsgálat az XF1 és XF3 környezeti osztályban:

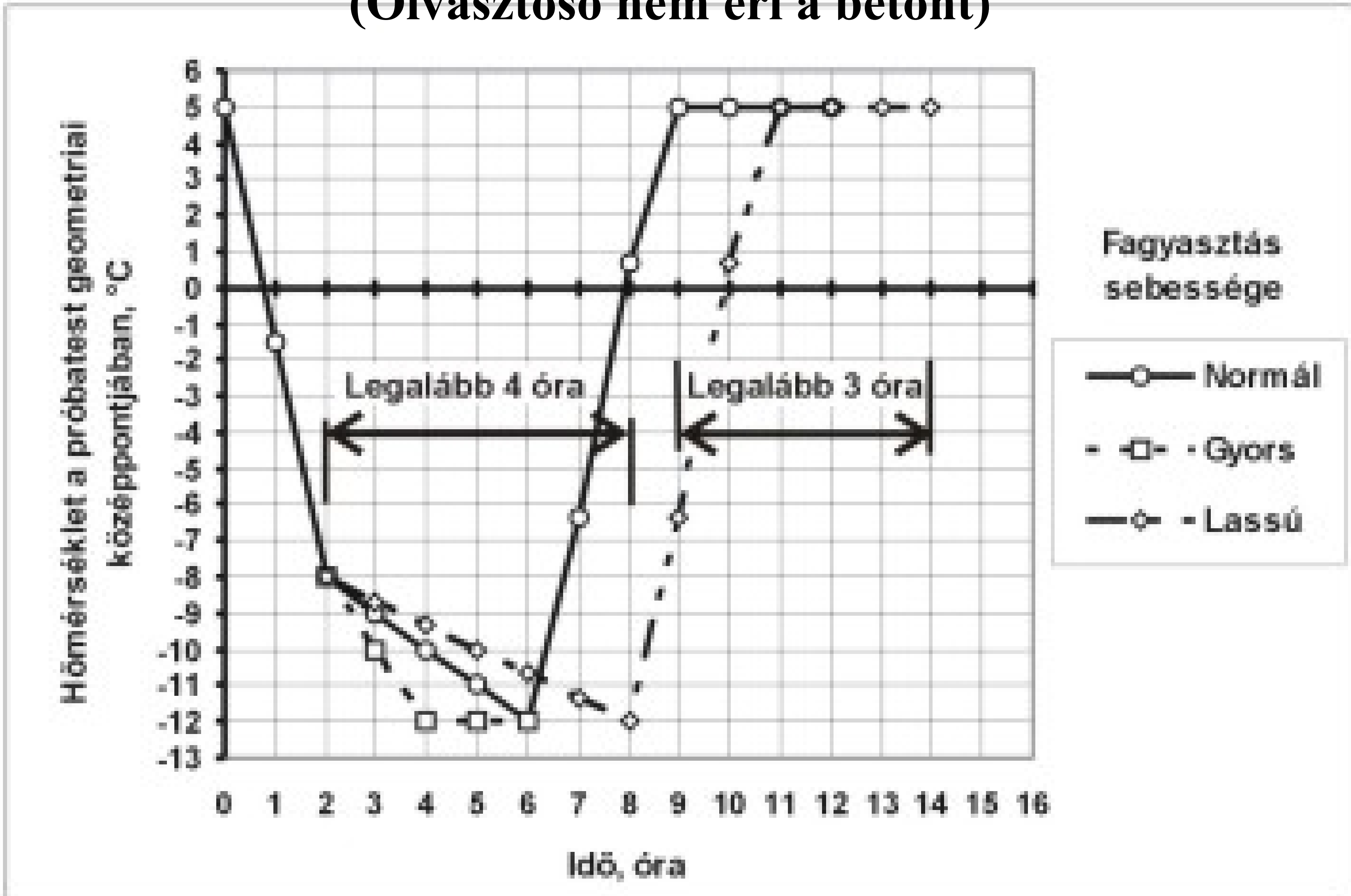
Ez a fagyasztási rend az építőkövek fagyállóság vizsgálatát tárgyaló MSZ EN 12371:2002 szabványt követi, és betartása mindaddig javasolt, amíg az olvasztósó hatásának ki nem tett beton fagyállóság vizsgálatára európai szabvány érvényre nem lép.

A próbakockák élhosszúsága 100 mm vagy 150 mm, a próbahengerek átmérője 150 mm és hosszúsága 150 mm (vagy Ø100x100 mm) legyen. A vizsgálathoz a fagyasztott próbatestekkel azonos mintából származó, azonosan készített, azonos méretű, azonos korú, végéig víz alatt tárolt, de nem fagyasztott referencia-próbatestekre is szükség van. Mind a fagyasztott próbatestek, mind a referencia-próbatestek száma legalább 3 legyen, valamint szükség van egy további próbatestre, amelynek geometriai középpontjában a hőmérsékletet mérni kell.

A fagyasztást és olvasztást olyan próbatesteken kell végezni, amelyek a vizsgálat folyamán végig vízzel teljesen telített állapotban vannak.

A fagyasztás -20 °C hőmérsékletű légtérben, az olvasztás +20 °C hőmérsékletű víz alatt történjék.

A fagyállóság vizsgálat az XF1 és XF3 környezeti osztály esetén
(Olvasztósó nem éri a betont)



A fagyasztási-olvasztási ciklusok száma
az XF1 környezeti osztályban legalább 50,
az XF3 környezeti osztályban legalább 100 legyen.

Fagyálló a beton, ha

- **az előírt ciklusszámú fagyasztás után valamennyi felengedett, vízzel telített próbatest tömegvesztesége legfeljebb 5 tömegszázalék,**
- **és a nyomószilárdság csökkenése a fagyasztott próbatestekkel egy időben vizsgált referencia-próbatestek nyomószilárdságának átlagához képest legfeljebb 20 %.**

Megállapodás szerint…

• *ha* a beton olvasztósó hatásának is ki van téve (XF2 és XF4 környezeti osztály), akkor a fagyállóságot <u>közvetett módon</u> is elő szabad írni,

- a betonösszetétel határértékeinek,

- és a szilárd beton légbuborék eloszlásának, és távolsági tényezőjének meghatározásával. A távolsági tényező ≤ 0,22 mm legyen.

A szilárd beton légbuborék eloszlását és távolsági tényezőjét az MSZ EN 480-11:2000 szerint meg kell határozni.

• ***ha*** **a beton olvasztósó hatásának is ki van téve (XF2 és XF4 környezeti osztály), de közvetlen vizsgálatot írnak elő, akkor legalább 28, de legfeljebb 35 napos, vízzel telített, és öt oldalán peremmel körülhatárolt, és a peremen belül 3 százalékos, 3 mm mélységű nátrium-klorid-oldattal feltöltött próbatesteket kell vizsgálni.**

Ez a B. fagyállóság vizsgálati eset

B. eset: Fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat az XF2 és XF4 környezeti osztályban:

Ennek a módszernek a részletes leírása a prEN 12390-9:2002 szabványtervezetben található, (de nagyon hasonló olvasható pl. az MSZ EN 1338:2003 szabvány D mellékletében is) és követése mindaddig javasolt, amíg a beton fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatának európai szabványa érvényre nem lép.

A vizsgálathoz 4 db próbatestre van szükség. Legalább egy próbatest sóoldatában mérni kell a hőmérsékletet.

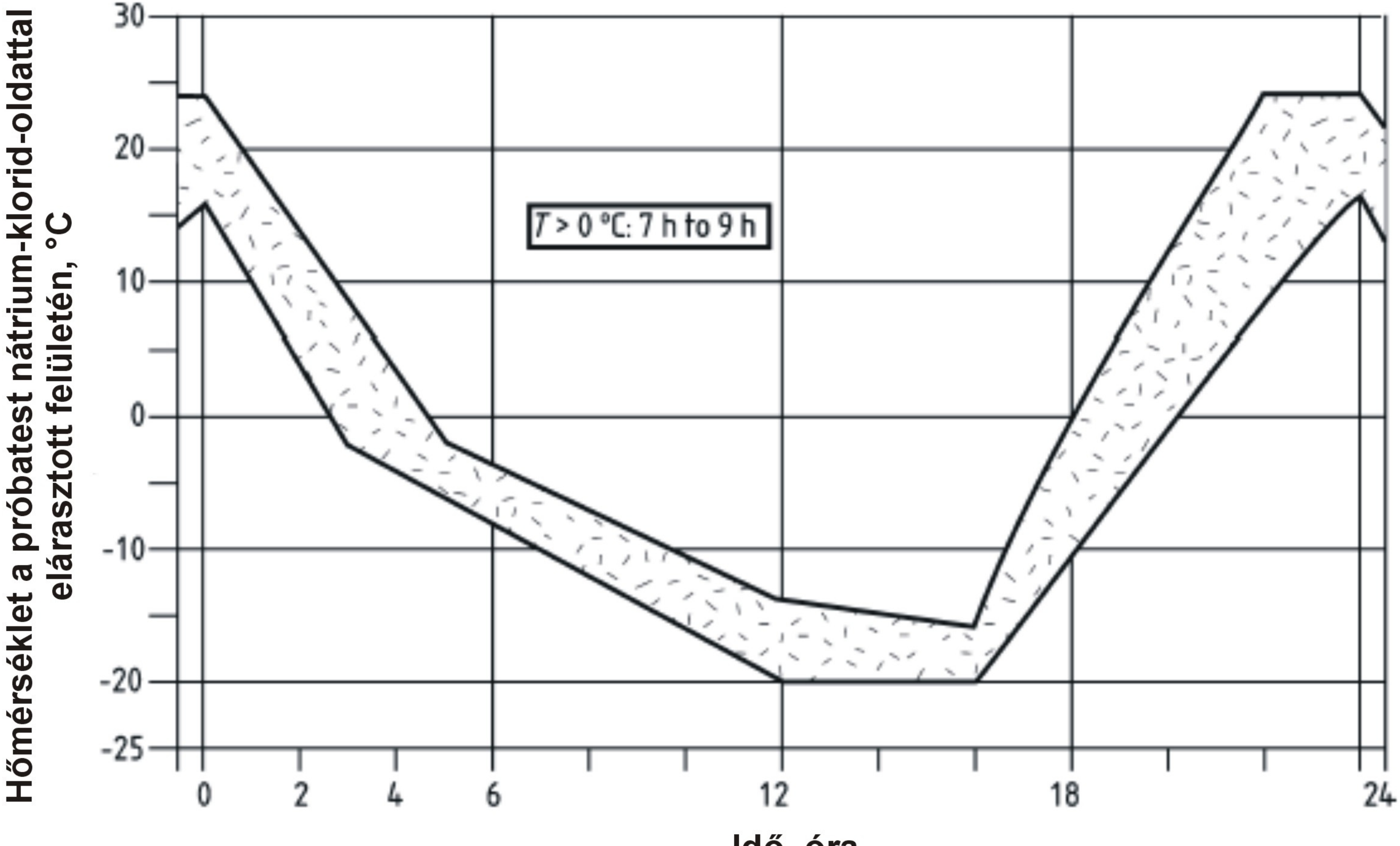
A próbatestek vizsgált felülete legalább 7500 mm^2 és legfeljebb 25000 mm^2, a próbatestek vastagsága legalább 50 mm, legfeljebb 103 mm legyen.

A próbatestet legalább 20 napos korú szabványos 150 mm élhosszúságú próbakocka felezőjéből is ki szabad vágni, ebben az esetben a beton szelet 50 mm vastag, és a vizsgált felület a 150x150=22500 mm^2 nagyságú vágott felület legyen.

A (20 ± 2) ˚C hőmérsékletű próbatestek öt oldalára (a vizsgált felület kivételével) gumi réteget kell ragasztani úgy, hogy az a vizsgált felület körül (20 ± 2) mm magas peremet képezzen, ahol tömíteni is kell. A próbatesteket a vizsgált felület kivételével hőszigetelő réteggel kell körülvenni. A (20 ± 2) ˚C hőmérsékletű klímaszekrénybe helyezett próbatestek pereme közé (5 ± 2) mm magasan (20 ± 2) ˚C hőmérsékletű vizet kell önteni, és azt (72 ± 2) órán át állni kell hagyni.

A légkeveréses fagyasztószekrénybe való helyezés előtt 15 – 30 perccel a peremek közötti vizet 3%-os nátrium-klorid-oldattal kell kicserélni, és a próbatesteket a peremeken túlnyúló, azokra ráhajlított polietilén fóliával le kell takarni, a párolgás megakadályozása végett. A fagyasztás-olvasztás vizsgálata alatt mérni és folyamatosan rajzolni kell a levegő hőmérsékletét a fagyasztószekrényben, és a hőmérsékletet egy, a fagyasztószekrényben jellemző helyen lévő próbatest 3%-os nátrium-klorid-oldattal elárasztott felületének közepére fektetett termoelemmel

NAD 5.2. ábra: A fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat fagyasztási-olvasztási diagramja az XF2 és XF4 környezeti osztály esetén (Olvasztósó éri a betont)



A nátrium-klorid-oldatot az addig lemállott részekkel együtt 7 vagy 14 ciklusonként edénybe kell tölteni. A fagyasztás folytatása előtt a peremet (5 ± 2) mm magasan friss nátrium-klorid-oldattal fel kell tölteni. Az oldatcsere gyakorisága az oldat párolgásának legyen a függvénye, ügyelve arra, hogy a vizsgálat alatt az oldat magassága mindig legalább 3 mm legyen.

A próbatestről leöntött oldatot le kell szűrni, a szűrőpapíron fennmaradt mállott részeket össze kell gyűjteni, legalább 1 liter vízzel meg kell mosni, majd (60 ± 5) ˚C hőmérsékleten legalább 24 órán át, tömegállandóságig kell szárítani, és a tömegét meg kell mérni. Ezt a műveletet minden oldatcsere során el kell végezni, és a tömegveszteséget oldatcserénként és együtt is meg kell adni.

A vizsgálat 56 fagyasztási-olvasztási ciklusig tart. A vizsgálat eredménye a kiszárított mállott részek grammban mért tömegének és a m^2-ben kifejezett vizsgálati felületnek a hányadosa.

Az XF2 környezeti osztályban a mállott részek kiszárított állapotában meghatározott összes tömegveszteség átlaga legfeljebb 500 g/m^2, legnagyobb egyedi értéke legfeljebb 700 g/m^2,

az XF4 környezeti osztályban ugyancsak kiszárított állapotban az összes tömegveszteség átlaga legfeljebb 250 g/m^2, legnagyobb egyedi értéke legfeljebb 350 g/m^2 legyen.

Peremes fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálati próbatest



Dr. Erdélyi Attila kísérlete

Ha a *vízszintes* felületű fagyálló beton (XF3) vagy a *függőleges* felületű fagy- és olvasztósó-álló beton (XF2) légbuborékképzőszer nélkül készül, akkor a közvetlen fagyállóság vizsgálat elvégzése alól nem adható felmentés.

Az XF3 (BV-MI) környezeti osztályban a fagyállóságot együtt a „referencia" betonnal, a „vizes" módszer szerint kell megvizsgálni és értékelni (A. eset).

Az XF2 (BV-MI) környezeti osztályban a fagy- és olvasztósó-állóságot a „nátrium-klorid oldatos, peremes" módszer szerint kell megvizsgálni és értékelni (B. eset).

Felfagyott útbeton



Friss falazat téli szétfagyása



Friss falazat téli szétfagyása



KOPÁSÁLLÓSÁG



7. Kopásálló beton és vasbeton szerkezetek

Mérsékelten kopásálló, k 14/21 jelű beton	*XK1(H)*	*C30/37*	*310*	*0,50*	*Kavicsbeton Zúzottkőbeton*
Kopásálló, k 12/18 jelű beton	*XK2(H)*	*C35/45*	*330*	*0,45*	*Kavicsbeton Zúzottkőbeton*
Fokozottan kopásálló, k 10/16 jelű beton	*XK3(H)*	*C40/50*	*350*	*0,40*	*Zúzottkőbeton*
Igen kopásálló, k 8/14 jelű beton	*XK4(H)*	*C45/55*	*370*	*0,35*	*Zúzottkőbeton*

Környezeti osztály jele	Környezeti (igénybevételi) hatás	Példák a környezeti osztály alkalmazására
XK1(H)	Könnyű szemcsés anyagok koptató igénybevétele; Gyalogos forgalom, puha abroncsú kerekek koptató igénybevétele	Siló, bunker, tartály könnyű anyagok tárolására, garázspadozat, belső térben lévő járda, lépcső stb.
XK2(H)	Gördülő igénybevétel okozta koptatóhatás nehéz terhek alatt	Nehéz anyagok tárolója, gördülő hordalékkal érintkező beton stb.
XK3(H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt	Nehézipari szerelőcsarnok padlója stb.
XK4(H)	Csúszó-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, nagy felületi pontosság és pormentesség igénye esetén	Nehéz tehernek és targonca forgalomnak kitett csarnok vagy raktár ipari padlóburkolata stb.

XK2(H) + XF4	**Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett, közlekedési célú, légbuborékos kavics- vagy zúzottkőbetonra ható koptató hatás**	**Szabadban lévő járda, lépcső, térkő, aknafedlap stb.**
XK3(H) + XF4	**Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett, közlekedési célú, légbuborékos zúzottkőbetonra ható fokozott koptató hatás**	**Útpályaburkolat, hídpályaburkolat, repülőtéri pályaburkolat, konténer átrakó állomás térburkolata, hídszegély stb.**

Környe-zeti osztály jele	Kopásálló-sági osztály jele	Követelmény az adalékanyagra	
		Homokos kavics (MSZ 4798-1:2004 5.1.3. szakasz és M melléklet)	Zúzottkő (MSZ 4798-1:2004 NAD 5.2. táblázat) KZ termékosztály
XK1(H)	k 14/21	I. osztályú szemmegoszlás, P minőségi osztály (legfeljebb 3 térfogat% agyag-iszaptartalom)	Legalább Kf-B kőzetfizikai csoportú andezit vagy bazalt
XK2(H)	k 12/18	I. osztályú szemmegoszlás, P minőségi osztály (legfeljebb 3 térfogat% agyag-iszaptartalom)	Legalább Kf-A kőzetfizikai csoportú andezit vagy legalább Kf-B kőzetfizikai csoportú bazalt

Környe-zeti osztály jele	Kopásálló-sági osztály jele	Követelmény az adalékanyagra	
		Homokos kavics (MSZ 4798-1:2004 5.1.3. szakasz és M melléklet)	**Zúzottkő** (MSZ 4798-1:2004 NAD 5.2. táblázat) **KZ** termékosztály
XK3(H)	k 10/16	—	Legalább **Kf-A** kőzetfizikai csoportú **bazalt**
XK4(H)	k 8/14	—	**Kf-0** kőzetfizikai csoportú vagy még annál is keményebb például **elektrokorund, szilíciumkarbid stb.** tartalmú különleges adalékanyag

7. Koptatóhatás okozta károsodás

Csiszoló, csúszó, gördülő, súrlódó igénybevételnek, ütésnek, vagy vízáramlás által mozgatott gördülő hordalék koptató hatásának kitett betonra ható igénybevételek csoportosítása:		
XK1(H)	Könnyű szemcsés anyagok koptató igénybevétele; Gyalogos forgalom, puha abroncsú kerekek koptató igénybevétele	Könnyű adalékanyagok, termények, stb. tárolására alkalmas silók, bunkerek, tartályok; Járdák, lépcsők, garázspadozatok
XK2(H)	Gördülő igénybevétel okozta koptatóhatás nehéz terhek alatt	Betonút, durva, nehéz szemcsés anyagok tárolói, gördülő hordalékkal érintkező betonfelületek
XK3(H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt	Repülőtéri kifutópályák, felszállópályák, nehézipari szerelőcsarnokok, konténer-átrakó állomások
XK4(H)	Csúszó-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, nagy felületi pontosság és pormentesség igénye esetén	Nehéz tehernek és targonca forgalomnak kitett csarnokok és raktárak keményfelületű, pormentes ipari padlóburkolata

Magyarországon a beton kopásállóságát az MSZ 18290-1:1981 szabvány szerinti <u>Böhme-féle</u> eljárással kell vizsgálni.

691.21.001.4.

Magyar Népköztársasági Országos Szabvány	**ÉPÍTÉSI KŐANYAGOK FELÜLETI TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA** **Kopási vizsgálat Böhme módszerrel**	**MSZ 18290/1–81** **G 19**

Строительные каменные материали. Определение свойств поверхности. Испытание на износ методом Бемэ

Surface properties of building stones. Abrasion test by Böhme method

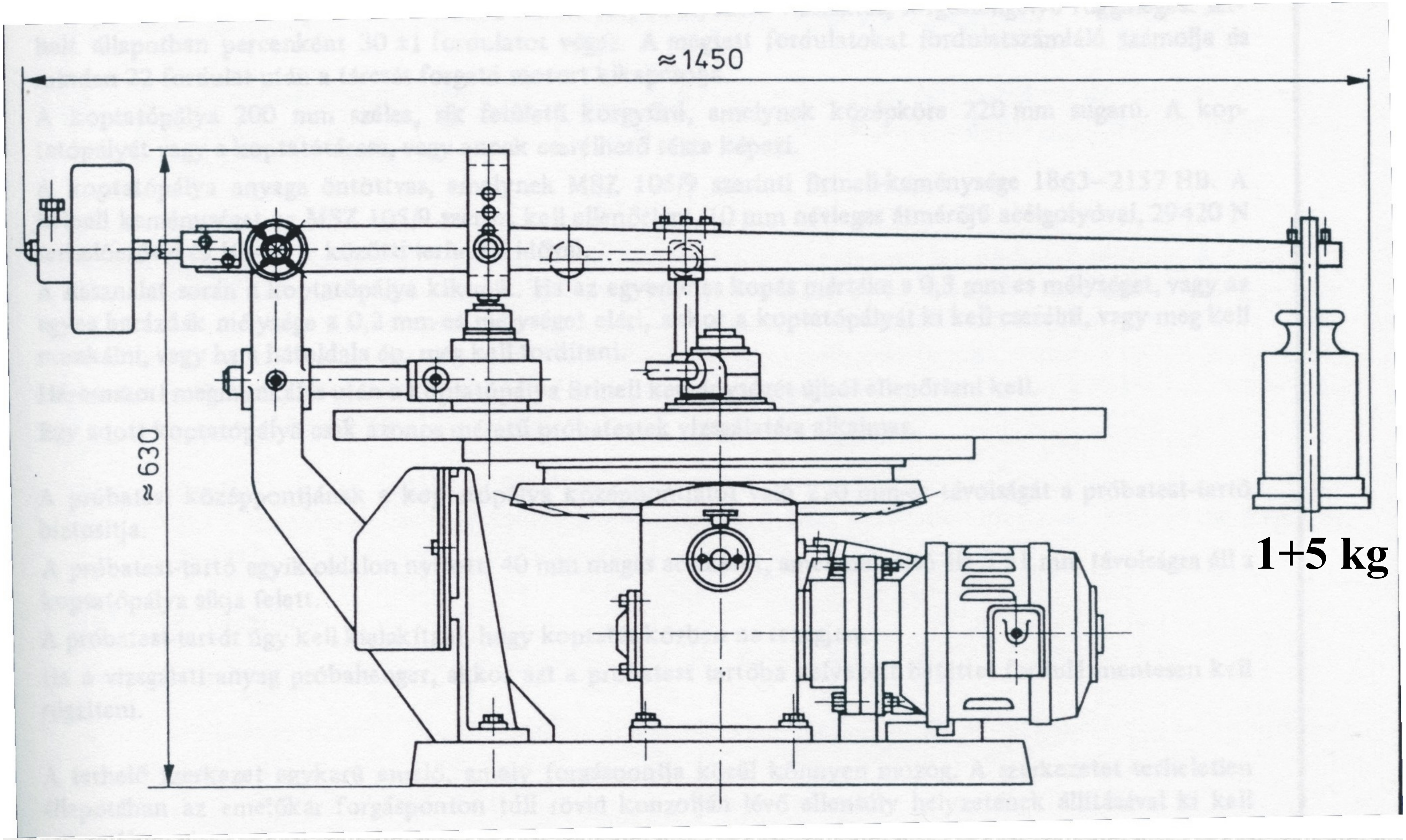
E szabvány alkalmazása abban az esetben kötelező, ha hatóságilag kötelező követelményszabvány vagy egyéb hatósági előírás a vizsgálatot e szabvány szerint rendeli el.*

1. FOGALOMMEGHATÁROZÁS

A medián az a mm-ben, 0,01 mm pontossággal kifejezett szemnagyság, amelynél a szitaelemzés eredményéből lineáris koordinátarendszerben szerkesztett szemmegoszlásgörbe – áthullott anyagmennyiséget jelentő – értéke 50 tömegszázalék.

A Böhme-féle kopásállóság vizsgálat elve:

A 294,3 N erővel [(6 kg teher)·(5-szörös áttétel) = 30 kp] terhelt próbatestet percenként 30 fordulatot végző öntöttvas korongon, 487 m hosszú úton, legalább 95 tömeg% alumíniumoxid tartalmú, (~0,12-0,15 mm szemnagyságú) korund porral kell koptatni szárazon vagy vizesen. A tárcsa körülfordulásainak száma (16 periódus)·(22 fordulat) = 352 körülfordulás. A koptatópor mennyisége 20±0,1 g/periódus. A kopás mértékét térfogatveszteségben kell kifejezni.



MSZ 18290-1:1981 szerinti Böhme koptatógép



MSZ 18290-1:1981 szerinti Böhme koptatógép

Az MSZ 18290-1:1981 szabvány kiadását széleskörű kísérletsorozat (170 három-próbatestes Böhme-féle vizsgálat) előzte meg, amelyet *Kausay Tibor*, *Kertész Pál*, *Marek István*, *Gálos Miklós* végzett.

ÉPÍTŐANYAG 1983. 9. és 10. szám

Építési kőanyagok kopási vizsgálata Böhme-féle módszerrel

I. rész pp. 346-358. és II. rész pp. 376-385.

KAUSAY TIBOR

Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet, Budapest

12. táblázat

Javaslat a kopásállóság minősítési értékére

Kopásállósági fokozat		Minősítési értékek	
		Száraz	Vizes
jele	megnevezése	vizsgálat esetén térfogatveszteség legfeljebb, cm^3 átlag	(legnagyobb egyes)
k 36/50	Gyengén kopásálló	36 (40,1)	50 (55,2)
k 28/42	Mérsékelten kopásálló	28 (31,3)	42 (46,6)
k 20/32	Kopásálló	20 (22,5)	32 (35,7)
k 12/20	Fokozottan kopásálló	12 (13,5)	20 (22,5)
k 8/14	Igen kopásálló	8 (9,0)	14 (15,8)
k 6/10	Különlegesen kopásálló	6 (6,8)	10 (11,3)

13. táblázat

A kőzetek és termékeik várható kopásállósági fokozata

Kopásállósági fokozat		Kőzetek										MSZ 18292, 18294, 18297 szerinti termékek kőzetfizikai minőségi osztálya						
jele	megnevezése	Márvány	Édesvízi mészkő	Dácit	Tömött mészkő	Bazalt	Andezit	Kvarcitpala	Diorit	Labradorit	Gránit	00	05	20	60	80	140	180
k 36/50	Gyengén kopásálló	+	+									+	+	+				
k 28/42	Mérsékelten kopásálló	+	+	+	+								+	+	+	+		
k 20/32	Kopásálló			+	+	+	+	+						+	+	+	+	
k 12/20	Fokozottan kopásálló				+	+	+	+	+	+						+	+	+
k 8/14	Igen kopásálló							+	+	+	+						+	+
k 6/10	Különlegesen kopásálló										+							+

A kutatási munka
az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztérium
(Serédi Béla főmérnök) megbízásából készült.

691.21.693.1/.2

Magyar Népköztársaság Országos Szabvány	ÉPÍTŐKÖVEK	MSZ 18294—86
		Az MSZ 18294—79 helyett
		G 16

625.857.5:691.2

Magyar Népköztársaság Országos Szabvány	ÚTBURKOLÓ KÖVEK	MSZ 18297—87
		Az MSZ 18297—80 helyett
		G 18

Visszavonva

5. táblázat

A kopásállósági osztály jele	Böhme-kopás szárazon (K_o) cm^3	Böhme-kopás vizesen (K_W), cm^3 legfeljebb	Böhme-kopás 25 fagyasztás után, legfeljebb	
			szárazon (K_f) cm^3	vizesen (K_{ff}) cm^3
K 00	⩾ 36	–	–	–
K 36n	< 36	–	–	–
K 36f	< 36	1,5 K_o	–	–
K 28n	< 28	–	–	–
K 28f	< 28	1,5 K_o	–	–
K 20n	< 20	–	–	–
K 20f	< 20	1,5 K_o	–	–
K 12n	< 12	–	–	–
K 12f	< 12	1,7 K_o	–	–
K 8f	< 8	1,7 K_o	–	–
K 8ff	< 8	1,7 K_o	1,7 K_o	1,7 K_W
K 6f	< 6	1,7 K_o	–	–
K 6ff	< 6	1,7 K_o	1,7 K_o	1,7 K_W

MSZ 18297:1987

Böhme-kopásállósági osztályok

4. táblázat

A kopásállósági osztály jele	Böhme-kopás szárazon (K_o) cm³	Böhme-kopás vizesen (K_w) cm³	Böhme-kopás 25 fagyasztás után legfeljebb	
			szárazon (K_f) cm³	vizesen (K_{ff}) cm³
K 20 f	20	1,5 K_o	—	—
K 12 f	12	1,7 K_o	—	—
K 8 f	8	1,7 K_o	—	—
K 8 ff	8	1,7 K_o	1,7 K_o	1,7 K_w
K 6 f	6	1,7 K_o	—	—
K 6 ff	6	1,7 K_o	1,7 K_o	1,7 K_w

BME Központi épület



BME Központi épület





Gyalogos forgalomtól évtizedek alatt kikopott mészkõ padlóburkolólap az 1970-ben üzembehelyezett Blaha Lujza téri metróállomás peronján, kopásálló labradorit és gránit burkolólapok között. A padlóburkolólapok mérete 30*30 cm, a mészkõlapok kikopásának mélysége lapközépen 7-8 mm, a vonalzó alá dugott acél mérõhasábok tanúsága szerint. (1999. augusztus 14.)



Budapest, VIII. Blaha Lujza téri metró mélyállomás.
Kopásálló labradorit és gránit lapok között fekvő,
a gyalogos forgalom hatására kikopott mészkőlap.
1999. augusztus 29.



1. fénykép. Budapest, V., Kálvin tér.
Az Astória Szálló felé tartó villamos megállójának különböző építőkövekkel burkolt lépcsője.
A BME Mérnökgeológiai Tanszék kopásállósági kisérlete, 1976.
(1998. február 20.)



Gálos Miklós – Kertész Pál – Kürti István:
Kísérleti lépcsőburkolat időközi értékelése. Szakipari Technika. 1981. 4. szám. pp. 77 – 80.

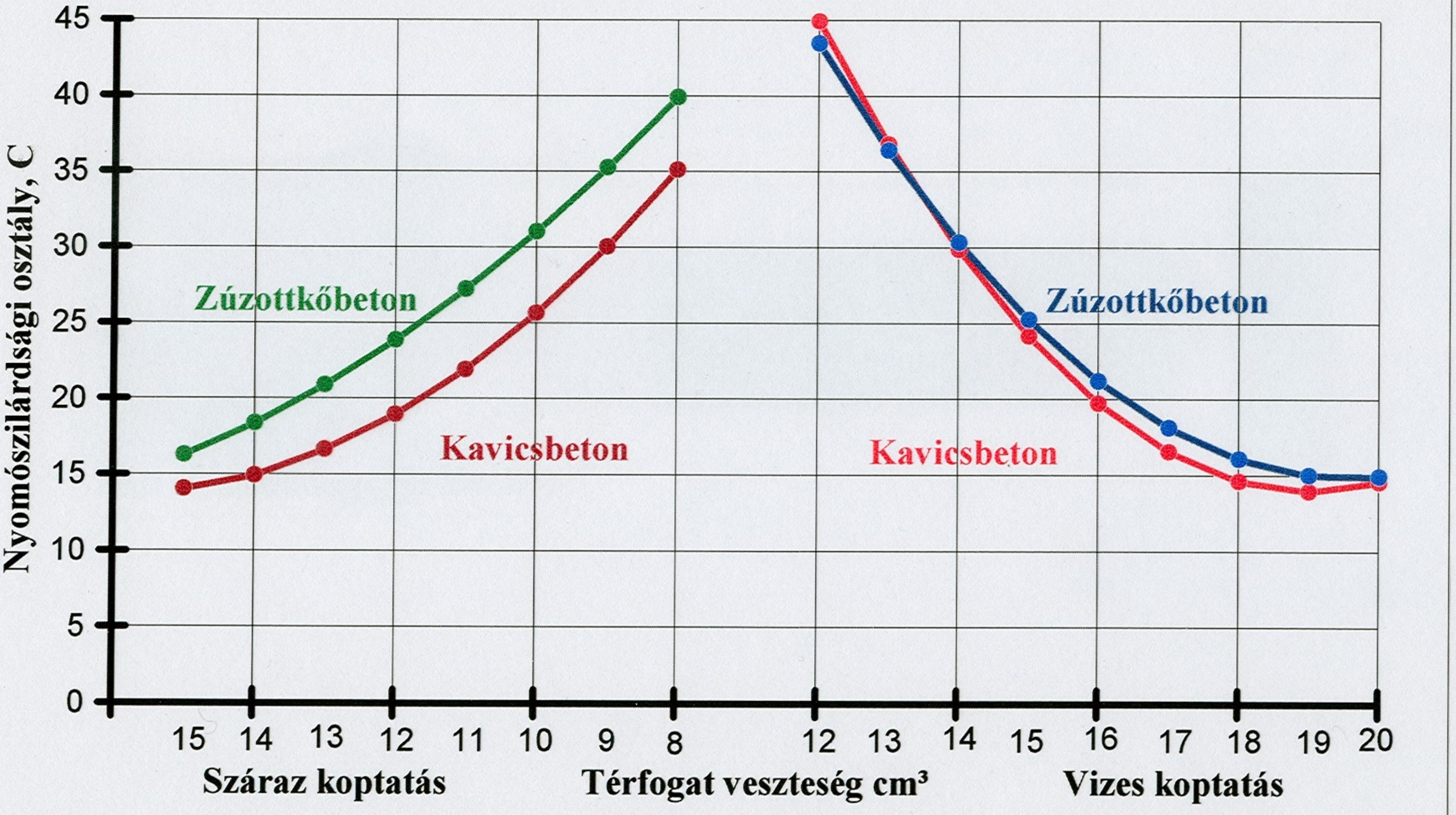
Miután már 25 évvel ezelõtt is egyre több járófelületet alakítottak ki természetes építési kõanyagokból és Magyarországon a kopási vizsgálatok nem voltak általánosak, az 1976. évben az akkori METRÓBER finanszírozásával egy olyan kisérleti szakasz épült, amely különbözõ kõzetfajtákból állt és amelynek mérési lehetõségét a kialakítás biztosította.

A méréseket a Budapesti Mûszaki Egyetem akkor Ásvány- és Földtani (ma Mérnökgeológiai) tanszéke végezte el és rendszeres mérésekkel kísérte figyelemmel a különbözõ kõanyagok kopását. A METRÓBER-tõl a késõbbiekben a Fõvárosi Közterületfenntartó Vállalat vette át a kezelést és egyes mérések megszervezésében is szerepet vállalt. A rendszerváltás idejével a mérések befejezõdtek, a körülmények megváltoztak a Mûszaki Egyetemen is. Így ez a nagyléptékû, a mûszaki kõzetvizsgálatok szempontjából igen érdekes kísérletsorozat lezáratlan maradt, a különbözõ kõzetek kopási sorrendje -- és így a kopási vizsgálatok értéksorrendje -- nem határozható meg. A kísérleti lépcsõn mind hazai, mind pedig külföldi kõanyagok kerültek beépítésre a következõk szerint:

kőzetcsoport	kőzetnév	származás (régi ország-megnevezéssel)
magmás	gránit	Emeljanovszk, Szovjetunió
	gránit	Strzegom. Lengyelország
	diorit	Jablonice-Ploce, Jugoszlávia
	labradorit	? *Szovjetunió*
üledékes	tömött mészkő	Nagyharsány
	tömött mészkő	Tardos
	forrásvízi mészkő	Süttő
átalakult	*kvarcitpala*	*Arda, Norvégia*
	márvány	Carrara, Olaszország
	Sivac	Jugoszlávia

Dr. Kertész Pál ny. egyetemi docens ismertető szövege.
1998. április hó.

Összefüggés a Böhme kopási térfogat veszteség és a beton nyomószilárdsági osztály között



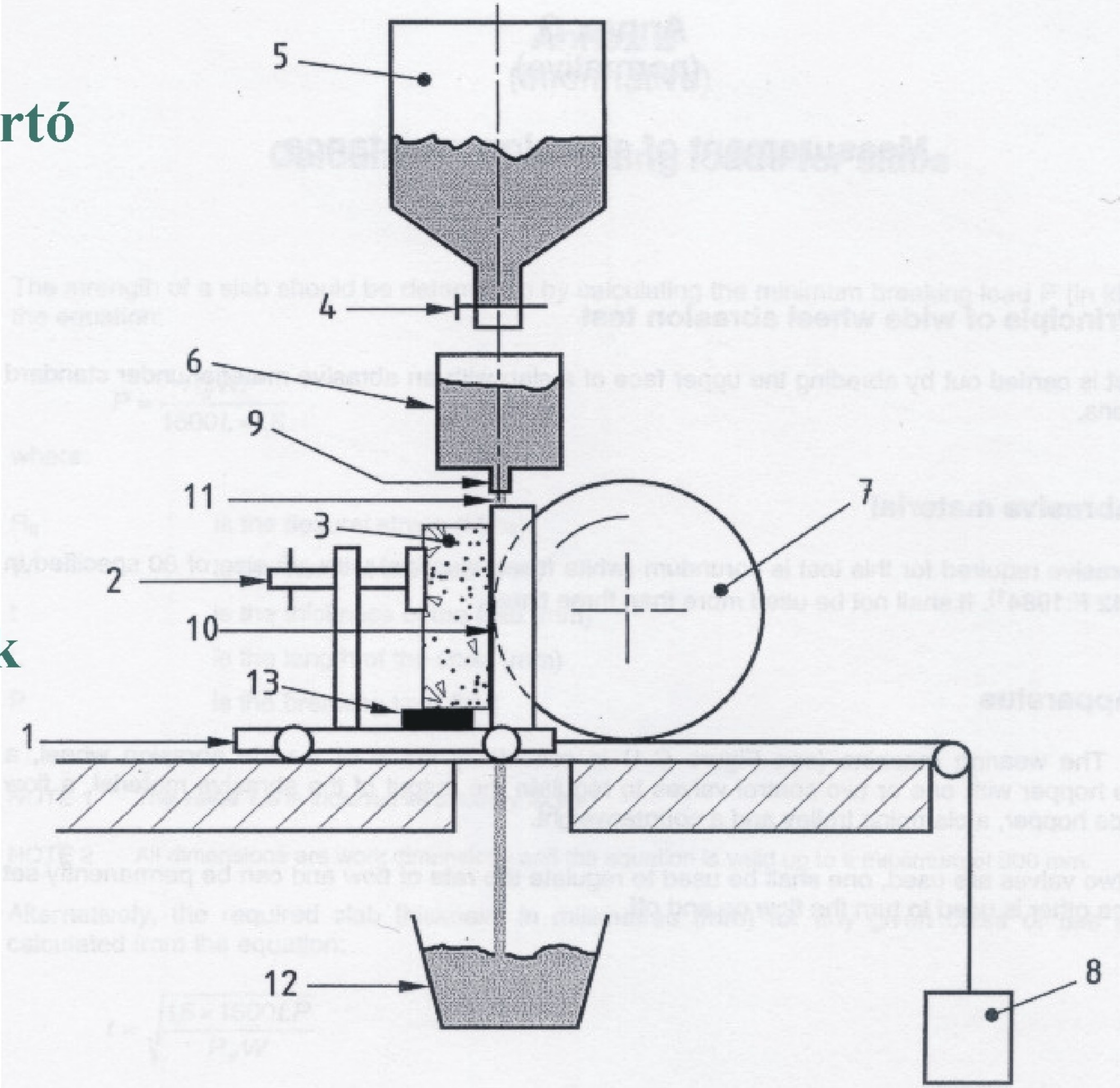
Valamely kopásállósági fokozat biztosításához szükséges beton nyomószilárdsági osztály

Kopás-állósági jel	Adalékanyag típusa				
	Homokos kavics	Zúzottkő			
		Eruptív		Karbonátos	
		Kőzetfizikai csoport			
		A	B	legalább B	C
		Beton nyomószilárdsági osztály (ENV 206)			
k 6/9	45/55	50/60	-	55/65	-
k 8/12	35/45	40/50	-	45/55	-
k 10/15	30/37	35/45	-	40/50	-
k 12/18	25/30	30/37	-	35/45	-
k 14/21	20/25	25/30	25/30	30/37	-
k 16/24	16/20	20/25	20/25	25/30	25/30

A kopásállóság szempontjából egyenértékű beton nyomószilárdsági osztályok

Kopásállósági		Kavicsbeton		Eruptív		Karbonátos	
				zúzottkőbeton			
osztály	térfogat vesztes. legfelj. cm^3	Időjárás-tól védett helyen	Időjárás-nak kitett helyen	Időjárás-tól védett helyen	Időjárás-nak kitett helyen	Időjárás-tól védett helyen	Időjárás-nak kitett helyen
		Beton nyomószilárdsági osztály (ENV 206)					
I.	6	45/55	55/65	50/60	-	55/65	-
II.	8	35/45	50/60	40/50	55/65	45/55	-
III.	10	30/37	45/55	35/45	50/60	40/50	55/65
IV.	12	25/30	40/50	30/37	45/55	35/45	50/60
V.	14	20/25	35/45	25/30	40/50	30/37	45/55
VI.	16	16/20	30/37	20/25	35/45	25/30	40/50

1. Mozgatható próbatesttartó
2. Állítócsavar
3. Próbatest
4. Szabályozó csap
5. Csiszolópor előtartály
6. Csiszolópor tartály
7. Koptatókorong
8. Ellensúly
9. Csiszolópor kifolyócsonk
10. Kopásnyom
11. Csiszolópor kifolyás
12. Csiszolópor gyűjtő
13. Ék



MSZ EN 1341:2002 (Útburkoló kőlapok) C melléklete szerinti koptatógép

MSZ EN 1341:2002 (Útburkoló kőlapok) C melléklete szerinti koptatógép acél koptatókorongjának átmérője (200 ± 1) mm, szélessége (70 ± 1) mm. A tárcsa fordulatszáma 75/perc. A csiszolópor kifolyás sebessége: legalább 2,5 liter/perc. Kalibráláshoz „Boulonnais” referencia-márványt (vagy hasonlót) kell használni. A vizsgálat eredménye a 75 fordulat hatására keletkezett kopásnyom hosszúsága. Általában követelmény, hogy kőanyagok kopásnyoma rövidebb legyen, mint 20 mm.


VÍZZÁRÓSÁG

8. Vízzáró beton és vasbeton szerkezetek

Vízzáró beton	*XV1(H)*	*C25/30*	*300*	*0,60*	*A homokos kavics szemmeg-oszlása (M melléklet) az 5.5.3. szakasz szerinti legyen.*
Fokozottan vízzáró beton	*XV2(H)*	*C30/37*	*300*	*0,55*	
Igen vízzáró beton	*XV3(H)*	*C30/37*	*300*	*0,50*	

8. Igénybevétel víznyomás hatására		
XV1(H)	Kis üzemi víznyomásnak kitett, legalább 300 mm vastag beton, amelynek felületén 24 óra alatt legfeljebb 0,4 liter/m^2 víz szivárog át.	Pincefal, csatorna, legfeljebb 1 m magas víztároló medence, áteresz, csapadék csatorna, záportározó, esővíz gyűjtő akna
XV2(H)	Kis üzemi víznyomásnak kitett, legfeljebb 300 mm vastag beton, vagy nagy üzemi víznyomásnak kitett, legalább 300 mm vastag beton, amelyek felületén 24 óra alatt legfeljebb 0,2 liter/m^2 víz szivárog át.	Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, > 1 m magas víztároló medence, föld alatti garázsok, aluljárók külső határoló szerkezetei külön szigetelőréteg nélkül
XV3(H)	Nagy üzemi víznyomásnak kitett, legfeljebb 300 mm vastag beton, amelynek felületén 24 óra alatt legfeljebb 0,1 liter/m^2 víz szivárog át.	Vasbeton mélygarázsok, alagutak külső határoló szerkezetei külön szigetelőréteg nélkül

Az MSZ 4719:1982 betonszabvány (*visszavonva: 2004.09.01*) és az MSZ 4715-3:1972 (érvényes) vizsgálati szabvány a következő vízzárósági fokozatú betonokat ismerte:

vz2 gyengén vízzáró beton,

vz4 mérsékelten vízzáró beton,

vz6 vízzáró beton,

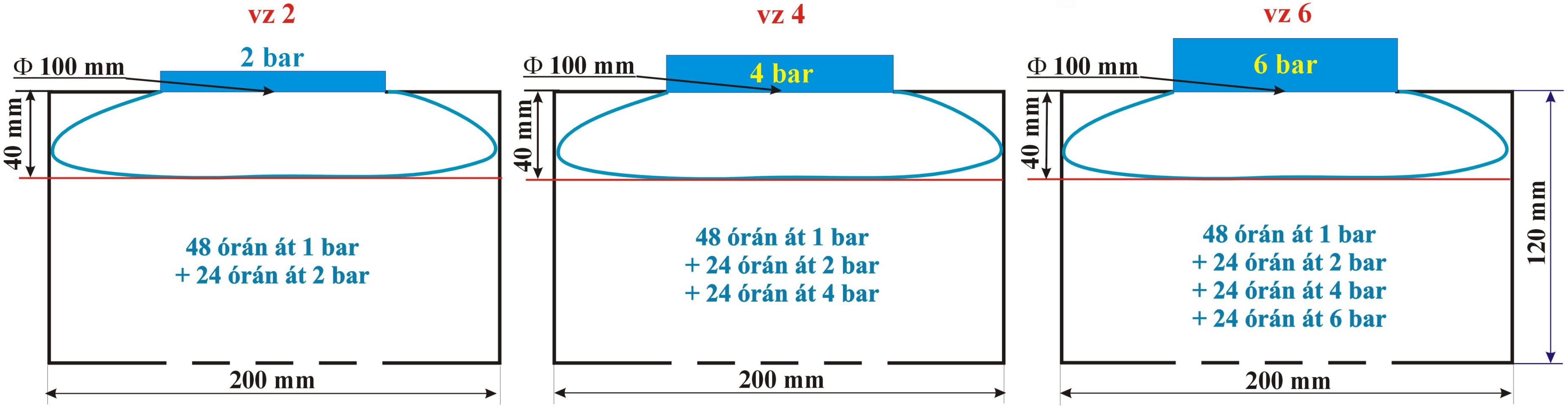
vz8 különlegesen vízzáró beton.

A számérték a szabványos próbatesten (200·200·120 mm méretű), szabványos ideig működtetett (48 órán át 1 bar, ezt követően 24 óránként növelve 2 bar, 4 bar, 6 bar, 8 bar), víznyomás, amely mellett a víz a betonba legfeljebb 40 mm mélyen hatolt be.

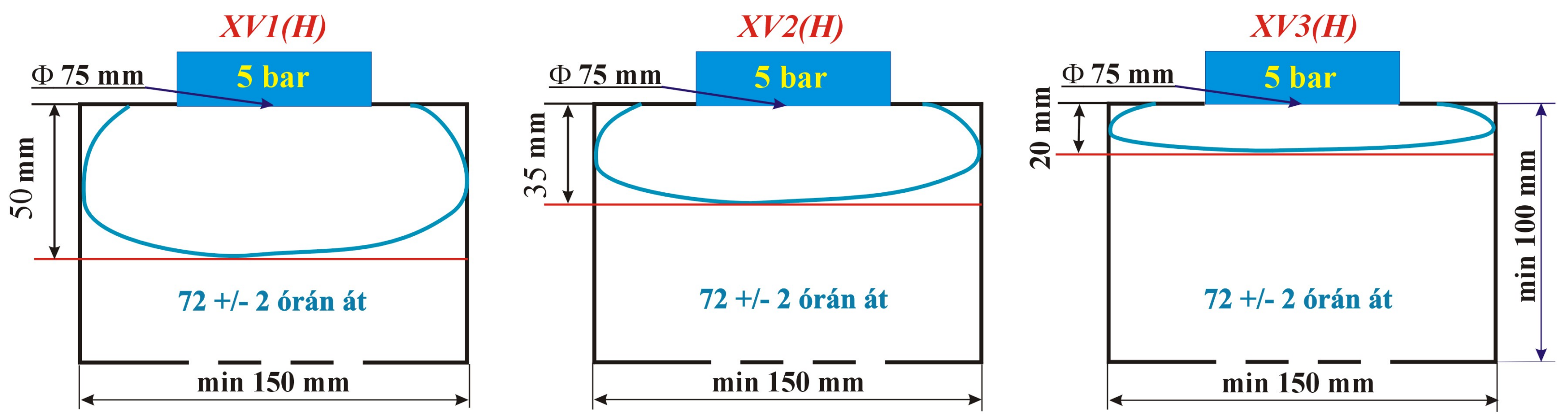
Az új MSZ EN 206:2013 betonszabvány és annak nemzeti alkalmazási dokumentuma, az MSZ 4798: :2016 szabvány értelmében a beton vízzáróságát ma már az MSZ EN 12390-8:2019 szabvány szerint kell vizsgálni. Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton akkor vízzáró, ha a szabványosan végzett vizsgálat során, 5 bar víznyomás mellett a vízbehatolás mélysége

az XV1(H) környezeti osztályban legfeljebb 50 mm,
az XV2(H) környezeti osztályban legfeljebb 35 mm,
az XV3(H) környezeti osztályban legfeljebb 20 mm.

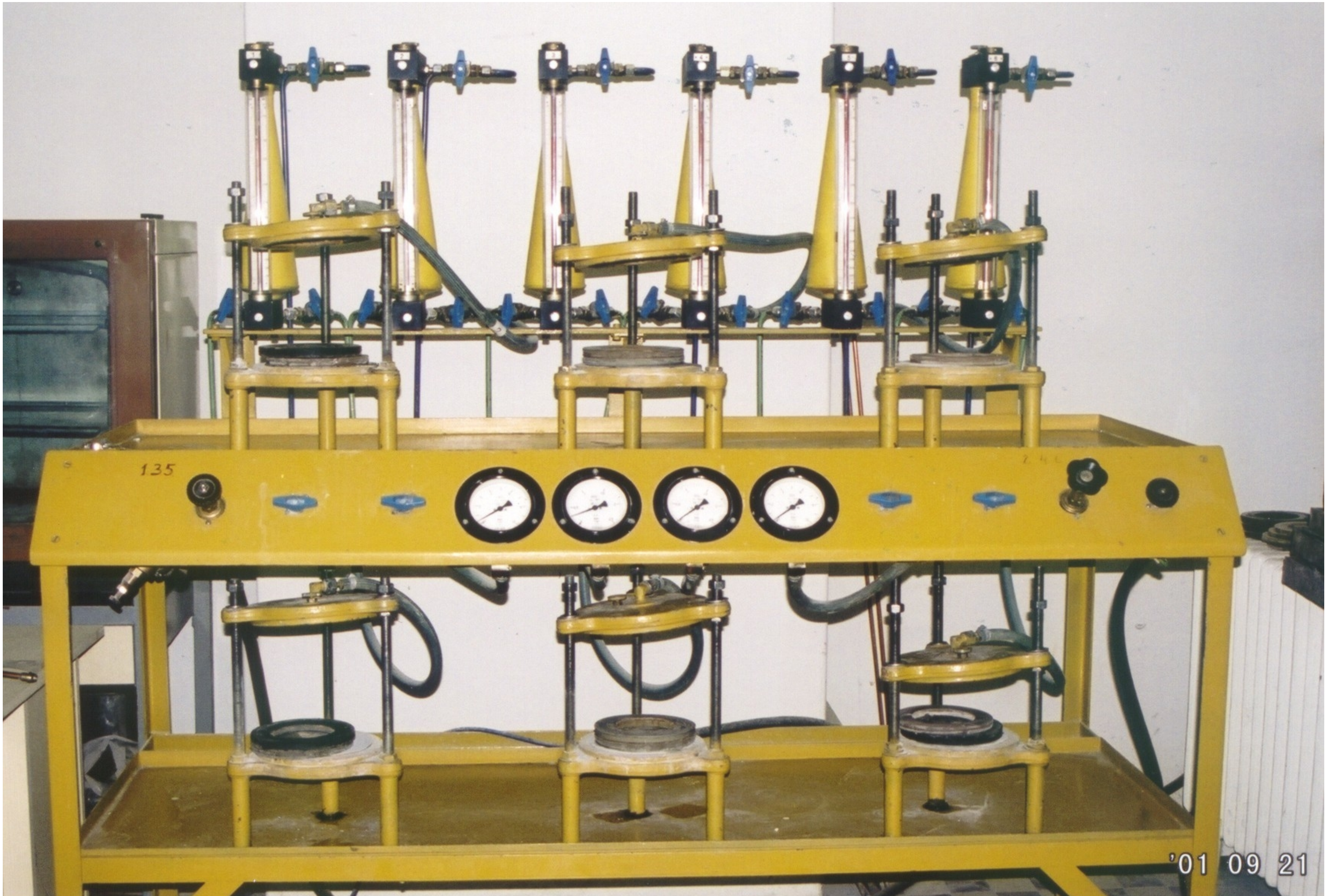
Vízzáróság vizsgálat az MSZ 4715-3:1972, illetve az MSZ 4719:1982 visszavont szabvány szerint



Vízzáróság vizsgálat az MSZ EN 12390-8:2019,illetve az MSZ 4798:2016/2M:2018 szerint



5 bar víz-túlnyomás = 5 att = 6 ata **5 bar = 50 H_2O m = 50 N/cm^2 = 0,5 MPa = 0,5 N/mm^2**


135
'01 09 21


Sablon kialakítás
200*200*120 mm méretű
vízzáróság vizsgálati
beton próbatest készítéséhez



Vízzáróság vizsgálatra előkészített 200*200*120 mm méreteű beton próbatest



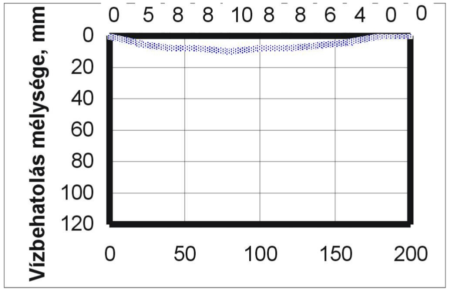
Vízzáróság vizsgálat után kettéhasított
200*200*120 mm méretű beton próbatest

Vízzáróság vizsgálati jegyzőkönyv ábra melléklete

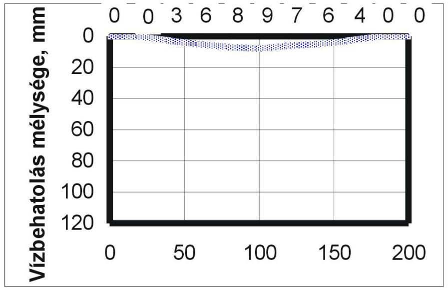
Témaszám: 12345

A vizsgálat megrendelője:	ABCDE
A próbatestek készítője:	FGHIJ
A beton rendeltetése:	Hídépítéshez tervezett beton
A próbatestek készítésének napja:	1995. március 1.
A próbatestek vizsgálatának napja:	1995. április 15.
Vizsgálati módszer:	MSZ 4715-3:1972

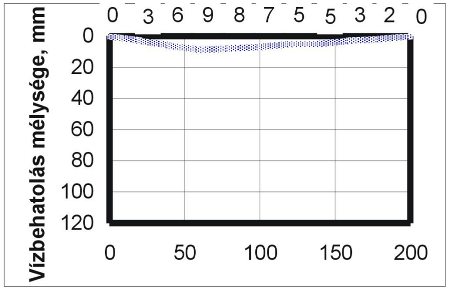
A próbatest jele:	**95.03.01./1.**
Víznyomás:	4 bar
Vízfogyasztás:	33 cm^3
Legnagyobb vízbehatolás:	10 mm
Vízzárósági fokozat:	**vz 4 - MSZ 4719**



A próbatest jele:	**95.03.01./2.**
Víznyomás:	4 bar
Vízfogyasztás:	28 cm^3
Legnagyobb vízbehatolás:	9 mm
Vízzárósági fokozat:	**vz 4 - MSZ 4719**



A próbatest jele:	**95.03.01./3.**
Víznyomás:	4 bar
Vízfogyasztás:	26 cm^3
Legnagyobb vízbehatolás:	9 mm
Vízzárósági fokozat:	**vz 4 - MSZ 4719**

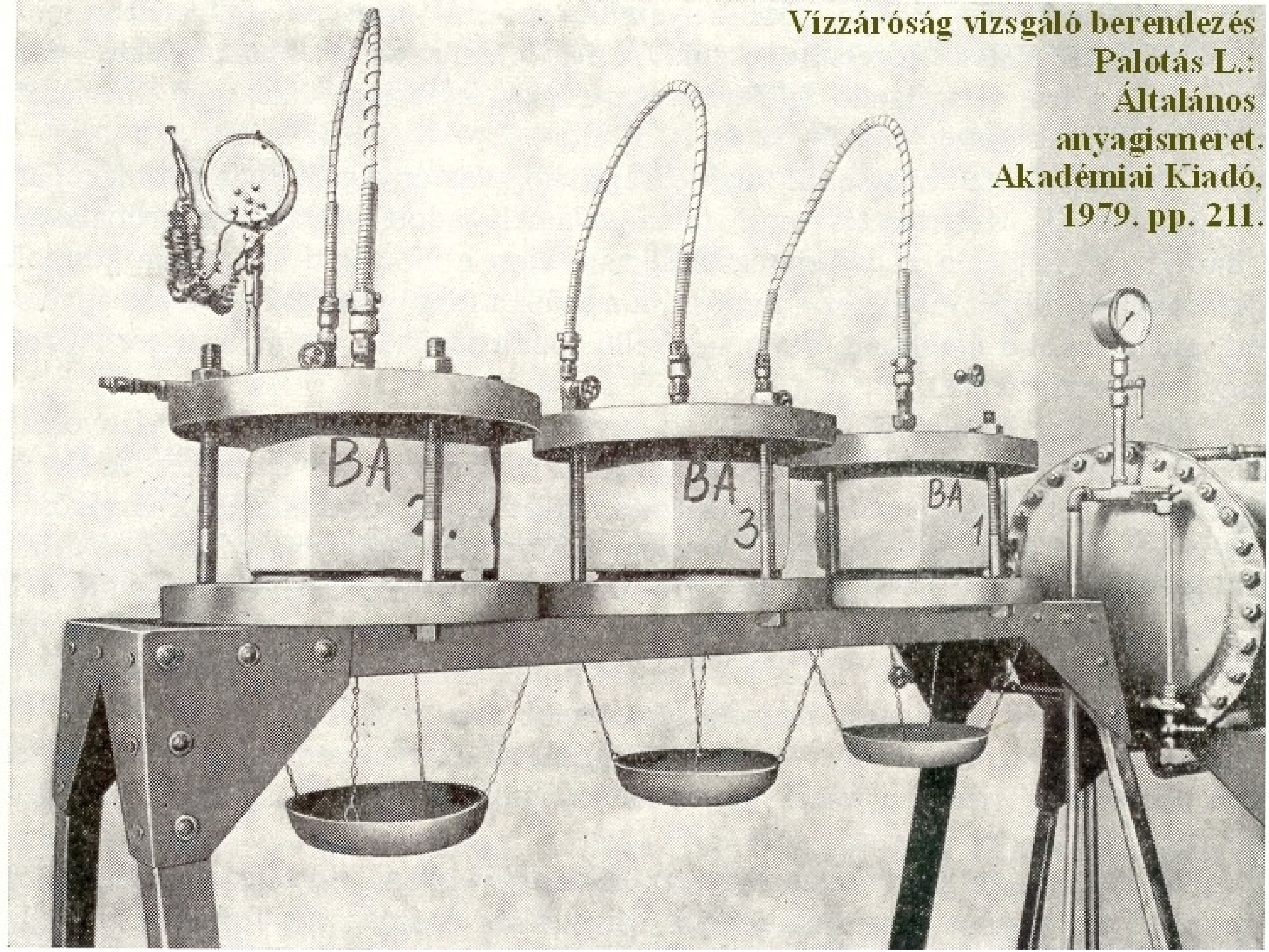


Budapest, 1995. április 28.

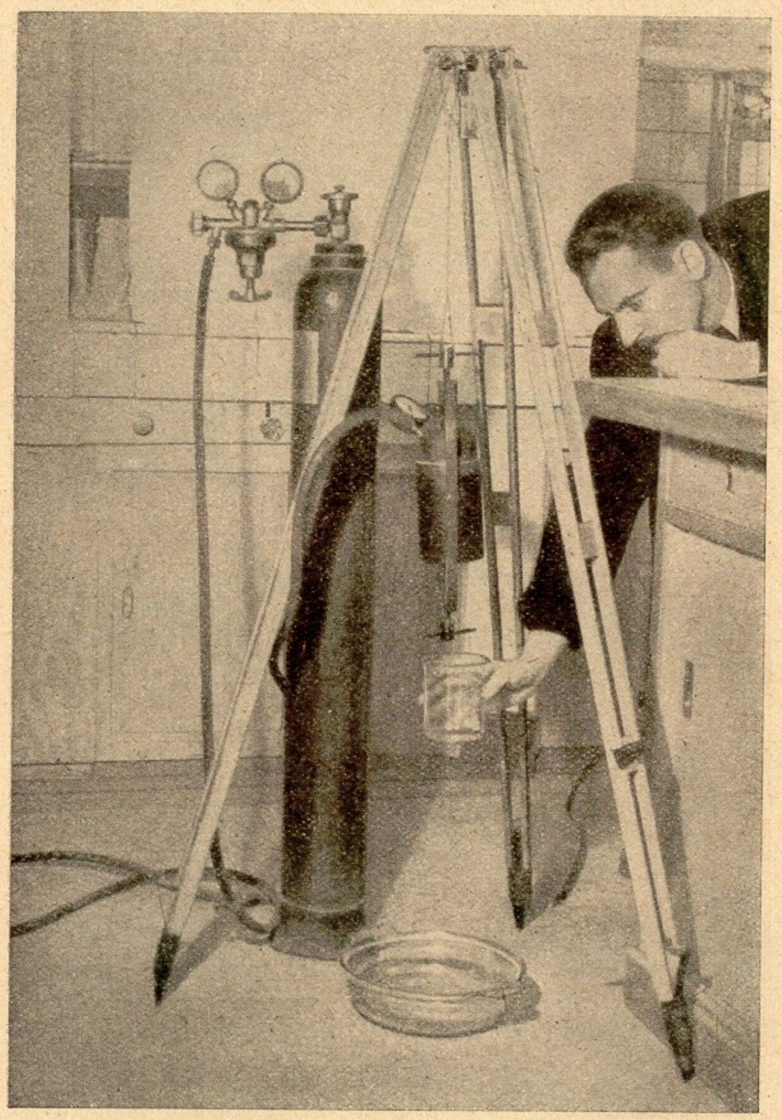
Aláírás



Vízzáróság vizsgáló berendezés
BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék
2001. február 15.



Vízzáróság vizsgáló berendezés
Palotás L.:
Általános
anyagismeret.
Akadémiai Kiadó,
1979. pp. 211.

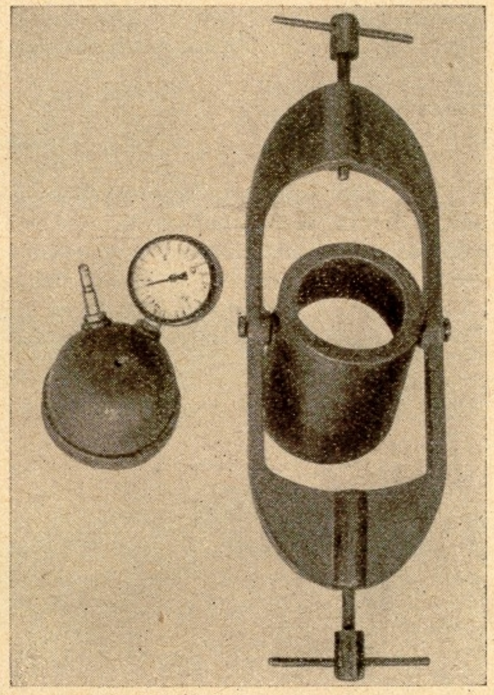


5. ábra. Beton vízzáróságát vizsgáló berendezés és tartozékai

Pogány Béla:
A nagyszilárdságú beton néhány problémája
Akadémiai Kiadó, Budapest, 1957.

A legújabb vizsgálatok kiemelik a vízcement tényező befolyását a gél sűrűségére. Ha a vízcement tényező — egyébként helyes betonösszetétel esetén — 0,4 és 0,5 között változik, csak zárt hézagok, ha a fenti értéknél nagyobb, akkor kapilláris hézagok keletkeznek, azaz olyan kis csatornák, amelyeken a víz áthatol. A vizsgálatok arról tanúskodnak, hogy a gél kiszáradásakor a hézagtérfogat megnagyobbodik, a gél megnedvesítésekor pedig a hézagok kisebbek lesznek.

A beton felszínének és belsejének vízzárósága között nincs semmi összefüggés. Általában a beton felszínének vízzárósága nagyobb, amit technikailag könnyű megmagyarázni. A belső hézagok (amennyiben nem zártak) elősegítik a vízáteresztőképességet. A beton vízzáróságára tehát legveszedelmesebb a zsugorodás, melynek következtében szerkezeti szakadások jönnek létre.



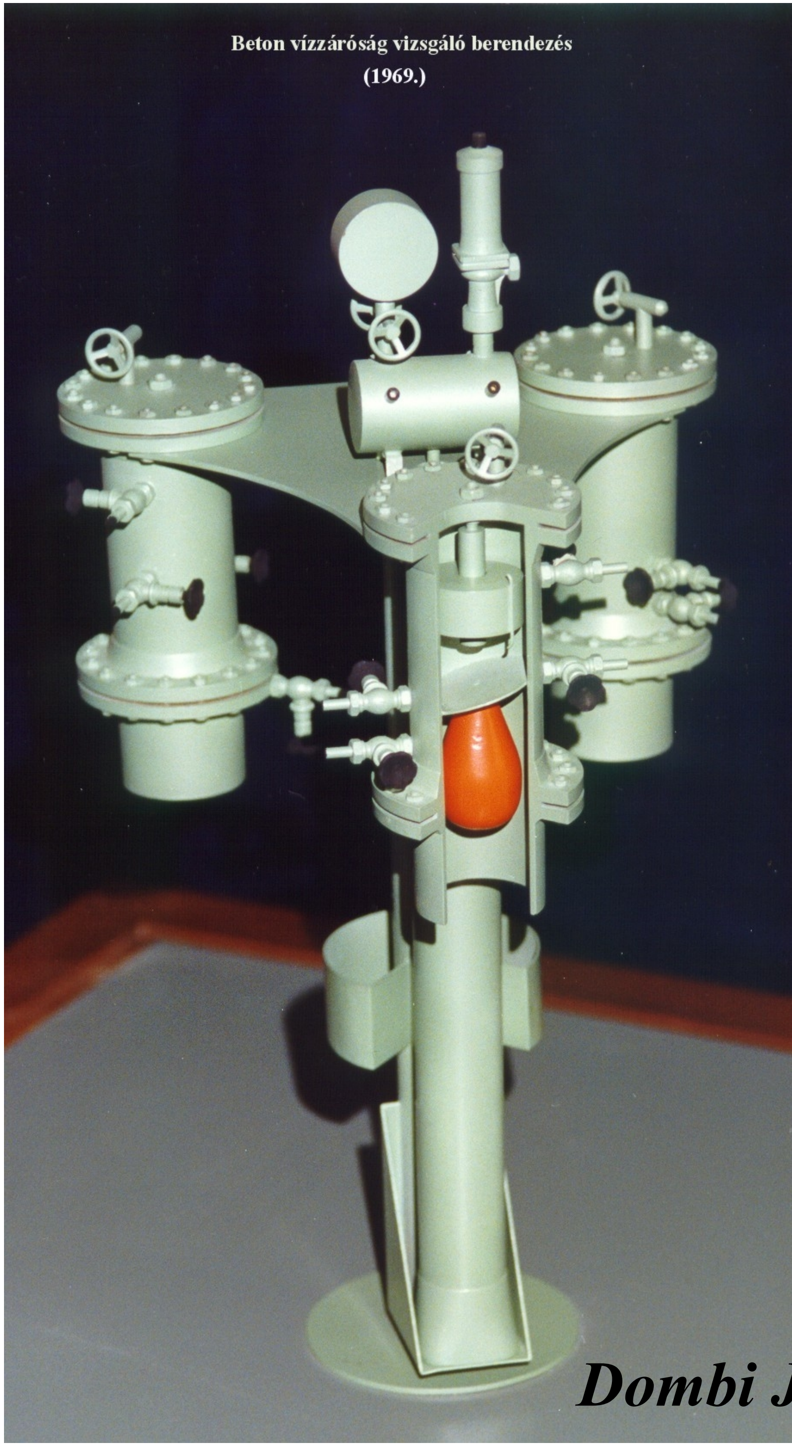
6. ábra. A vízzárósági próbatest elhelyezése

Nincs megegyezés a kutatók között arra nézve, hogy a finom adalékanyag csökkenti-e a vízáteresztő-képességet. A kőpor használatát azonban egyértelműen nem ajánlják.

Kellő nedvesentartás mellett a vízzáróság a korral növekedik. Högberg és Nyström arra az eredményre jutottak, hogy a vízzáróság 60 nap múlva háromszor akkora, mint 20 nap múlva.

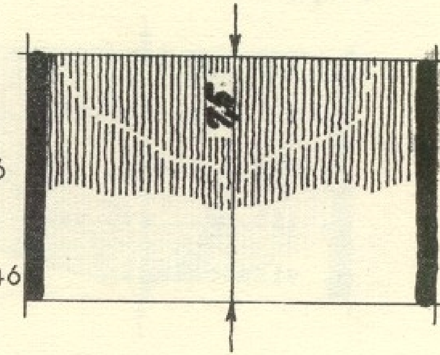
A beton levegőáteresztő-képessége hasonló a vízáteresztőképességhez.

A levegő- és vízáteresztő-képességre legnagyobb befolyással a vízcement tényező van, de nagy befolyást gyakorol rá a cementhabarcs mennyisége is. Végül jelentős szerepet játszik még a nedvesentartás és a finom adalékanyag, valamint a cement kora. A víznyomás

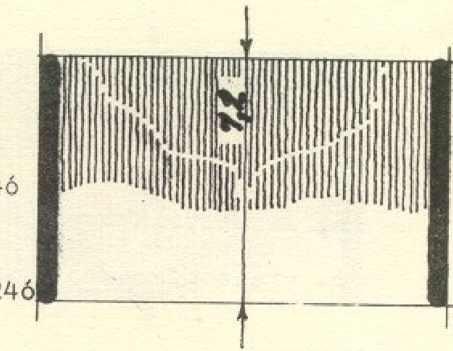


Mst

1. a behatolt vizm. : 51 gr.
2. a nedves bet.térf. : 1,82 dm^3
3. viz sebesség : 3,75 cm/246
4. lit.bet.levő viz : 27 g/dm^3
5. vizáthaladás : 1010 $g/m^2$246

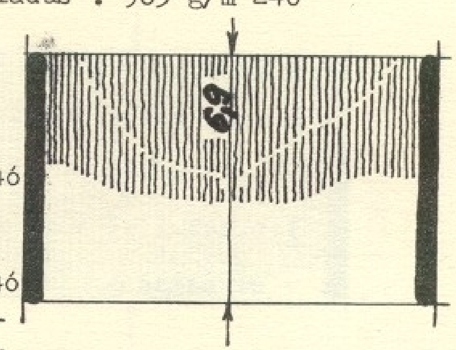


1. a behatolt vizm. : 46 gr.
2. a nedves bet.térf. : 1,75 dm^3
3. viz sebesség : 3,6 cm/246
4. lit.bet.levő viz : 25 g/dm^3
5. vizáthaladás : 900 $g/m^2$246



vizáthaladás : 903 $g/m^2$246

1. a behatolt vizm. : 39 gr.
2. a nedves bet.térf. : 1,68 dm^3
3. viz sebesség : 3,45 cm/246
4. lit.bet.levő viz : 23 g/dm^3
5. vizáthaladás : 800 $g/m^2$246



27. ábra

Dombi József-féle vízzáróság vizsgáló berendezés

A betonon átfolyó vízmennyiség (Q)

a Darcy-féle törvény alapján határozható meg:

$$Q = k \cdot A \frac{h}{l}$$

ahol A **= próbatest keresztmetszeti felülete**

h **= víz nyomómagassága**

l **= úthossz, vagyis a próbatest vastagsága**

k **= vízáteresztő képességi tényező,**

A k vízáteresztő képességi tényező az a sebesség, amellyel a víz az időegység alatt, egységnyi felületen, adott vízoszlopnyomás mellett átfolyik. Felhasználásával a beton vízzárósági fogalmát számszerűen is ki lehet fejezni:

fokozottan vízzáró: 100 g/24 óra/m^2 = 10 g/24 óra/dm^2

vízzáró: 200 g/24 óra/m^2 = 20 g/24 óra/dm^2

gyengén vízzáró: 400 g/24 óra/m^2 = 40 g/24 óra/dm^2

„Beton – tőlünk függ, mit alkotunk belőle"

BETON

XI. évf. 6. szám | szakmai havilap | 2003. június

FARSANG ATTILA
(BME Épületszerkezetek Tanszék)
BETON szakmai havilap, XI. évf. 6. szám. 2003. június pp. 3-8.
r é s z l e t e k ―►

Szerkezetépítés

Vízzáró betonok épületszerkezeti megoldása

Szerző: Farsang Attila

„A vízzáró beton épületen belüli elhelyezkedése

Az épületen belül vízzáró betont a talajnedvesség, talajvíznyomás, és rétegvíz elleni terhelésnek kitett szerkezetek védelmére alkalmazhatunk, így elsősorban talajban lévő szerkezetként jelennek meg. Ezek lehetnek függőleges (falak), ferde (lépcsők) és vízszintes (alaplemezek) szerkezetek egyaránt.

A vízzáró betonokat az épületek alapozásaként vagy annak kapcsolódó szerkezeteiként készítik, így hibájuk akár az épület teljes károsodását is okozhatja.

A beton vízzáró képessége nagymértékben függ a bedolgozási munka minőségétől, *a beton összetételétől (K.T.)*, a betonba tett adalékszerek mennyiségi-minőségi paramétereitől, az utókezelési idő hosszától, valamint az utókezelés módjától, és nem utolsó sorban a betonkeverék víz-cement tényezőjétől.”

„Sok hiba forrása, ha a tervező úgy véli, elég feltüntetni a tervdokumentáció lapjain, hogy „vízzáró beton”. Ezáltal sem a pinceszinteket határoló falak, sem az alaplemezek, sem az egyéb szerkezetek részletképzései nem kerülnek megoldásra (nem készülnek rajzok, a vonatkozó adatok nem kerülnek bele a költségvetésbe).

Tetézi a gondot, ha a kivitelező sem „hiányolja” ezen terveket. A hibák tehát elsősorban a megtervezett-lenség, azon túl pedig a kellő betontechnológiai és szerkezeti ismeretek hiánya miatt következnek be.

A részlettervek száma nem kevesebb, mint amennyi egy hagyományos technológiával épített szerkezetnél szükséges, azaz az épület bonyolultságának függvényében legalább 30-40 részletterv és a kapcsolódó általános tervek.”

„A megfelelő eredmény eléréséhez megoldandó a falak és alaplemezek találkozása, a liftaknák és egyéb süllyesztékek, aknák kialakítása, a gépészeti csőáttörések falakon-, a vízelvezetések (víznyelők, folyókák) alaplemezen való átvezetésének részletképzései, a munkahézag- és dilatációképzések, a rámpák és lépcsők kialakítási módja, a falak és födémek kapcsolatai.

A nem vízzáró vízszintes és függőleges munkahézagok, csőáttörések esetén jelentős vízbetörések léphetnek fel (talajvíznyomás, rétegvíz esetén). A nem azonos vízzáró képességű betonrészek, betonozási ütemek (eltérő betonminőség) a nedvesség belső térben történő megjelenéséhez vezethetnek. Az elvékonyodó vízzáró szerkezetek (pl. az alaplemez vastagsági csökkenése a beépített gépészeti csövek és folyókák alatt) az egész szerkezet nedvességgel szembeni ellenállását rontja.”

„A vízzel a betonba kerülő szulfátok, olajok, sók, savak rontják a beton, ill. vasbeton szilárdságát, vegyi ellenállását, csökkentik lúgosságát, növelik korrózióját.

Fogalmak

A teljes szárazság az állandó emberi tartózkodás céljára (lakás, iroda, munkahely, kórház, iskola), a nedvességre érzékeny technológiákkal működő, vagy ilyen anyagok tárolására szolgáló (papír, élelmiszer, vegyi anyagok, mikroelektronika) tereknél szükséges. Az úgynevezett „porszárazság" követelménynél a védett terekben a viszonylagos légnedvesség felső értéke a meghatározó."

„A viszonylagos szárazság esetén a szerkezeten valamennyi nedvesség áthatolhat, azonban ez a belső tér rendeltetésszerű használatához szükséges légállapot jellemzőket és az egészséges környezetet, valamint az épületszerkezetek állagát károsan nem befolyásolhatja.

Vízzárónak tekintik a (vas)beton szerkezetet, ha 1 m^2 felületén, 1 nap alatt (24 óra), legfeljebb 0,2 liter nedvesség szivárog keresztül (jut a belső térbe). Jól szellőző helyiségben (vagy szabad térben) ez a vízmennyiség el is tud párologni, így a felületen nedvesség nem észlelhető." Az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint ez az XV2(H) környezeti osztály.

***Farsang Árpád* cikke ezt követően a különböző funkciójú terek vízszigetelésével foglalkozik.**


KÖSZÖNÖM SZÉPEN
A FIGYELMET

ÉPÍTŐANYAGOK MSC
KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK

Dr. Kausay Tibor

BME Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Budapest, 2017. április 5.

Frissítve: 2020. április 10.

BETON KÖRNYEZETI OSZTÁLYAI

az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány alapján [1)]

BETON JELE	Nyomószilárdsági osztály	Környezeti osztály(ok)	Legnagyobb szemnagyság, mm	Konzisztencia	50 évtől eltérő tervezési élettartam	Szabvány száma
Példák:	C30/37	– XC4	– 32	– F3		– MSZ 4798:2016
	C35/45 – AC_{50}(H) [2)]	– XC4 + XA3	– 24	– S2	– 100 év	– MSZ 4798:2016

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább [2)]	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma [3)] MSZ 4798 táblázata
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett beton szerkezetek					
Káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	XN(H)	C8/10	165	0,90	NAD F2.
	Például: Aljzatbeton, beton alapréteg, cement-stabilizáció				
Káros környezeti hatás nem éri a betont	X0b(H)	C12/15	230	0,75	NAD F2.
	Például: Vasalatlan alapbeton, kitöltő és kiegyenlítő beton, üreges födémbéléstest, üreges válaszfallap, üreges zsaluzóelem, kétrétegű járdalap hátbetonja, kétrétegű útburkolóelem hátbetonja, üreges pince-falazóelem, belső főfali üreges főfal-falazóelem, belső főfali tömör főfal-falazóelem				
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett vasalt beton (nem vasbeton) szerkezetek					
Karbonátosodáson kívül egyéb **káros környezeti hatás nem éri** a vasalt betont (nem vasbetont!)	X0v(H)	C16/20	250	0,70	NAD F2.
	Például: Száraz helyen lévő vasalt alapbeton, vasalt térhatároló beton				
Karbonátosodásnak ellenálló vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
Száraz vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt lévő beton	XC1	C20/25	260	0,65	NAD F2.
	Például: Belső pillér, belső födém, vízszint alatti betonok				
Nedves, ritkán száraz helyen lévő beton	XC2	C25/30	280	0,60	NAD F2.
	Például: Épületalap, támfalalap, mélyalap, alaplemez, kiegyenlítő lemez betonja				
Mérsékelten nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben lévő beton	XC3	C30/37	280	0,55	NAD F2.
	Például: Fürdőépület szerkezete, szabadban lévő esőtől védett szerkezetek betonja				
Váltakozva nedves és száraz, vízpermetnek kitett helyen lévő beton	XC4	C30/37	300	0,50	NAD F2.
	Például: Szárnyfal, pincefal, fúrt cölöp, cölöp-fejgerenda, mederfal, külső fal, pillér vagy födém betonja				
Kloridoknak ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek [4)]					
Mérsékelten nedves helyen, levegőből származó kloridokkal (sópárával), de jégolvasztó sókkal nem érintkező beton	XD1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
	Például: Vegyipari üzem szerkezete, szabadban lévő szerkezet vegyipari üzem környezetében, sópince és környezete				
Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő kloridokkal érintkező, de jégolvasztó sókkal nem érintkező beton	XD2	C35/45	320	0,50	NAD F2.
	Például: Alépítmény, szárnyfal, sós ásvány- és gyógyvizekkel érintkező szerkezetek, klorid-tartalmú talajvízzel érintkező szerkezetek, ha az agresszív víz klorid-tartalma $Cl^- > 500$ mg/liter				
Váltakozva nedves és száraz helyen, jégolvasztó kloridok permetével, sólével érintkező beton	XD3	C35/45	320	0,45	NAD F2.
	Például: Parkolóházak és garázsok fagyhatásnak ki nem tett betonja				

MEGJEGYZÉSEK:

1) E táblázat alkalmazása az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány szerint kötelező.

2) Vasbetont csak legalább C20/25, feszített vasbetont csak legalább C30/37 nyomószilárdsági osztályú betonból szabad készíteni (MSZ 4798:2016 és MSZ EN 13369:2013).
Ha a beton nyomószilárdsági osztályát az Eurocode 2, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány P melléklete szerint értelmezik és határozzák meg, akkor a nyomószilárdsági osztály jele után fel kell tüntetni az AC_{50}(H) kísérőjelet.

3) A friss beton levegőtartalma feszített vasbeton esetén az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti NAD F2., illetve NAD F3.táblázatban szereplő értékeknél 0,5 térfogat%-kal legyen kisebb.
Ha a beton újrahasznosított adalékanyaggal készül, akkor a friss beton levegőtartalma az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti NAD F2., illetve NAD F3. táblázatban szereplő értékeknél 0,5 térfogat%-kal nagyobb lehet.

4) Magyarországon a fagy- és olvasztósó-álló betonokat az XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) környezeti osztályok valamelyikébe kell sorolni.

5) A felületet függőlegesnek kell tekinteni, ha 5%-nál meredekebb; és vízszintesnek, ha lejtése legfeljebb 5%.
A fagy- és olvasztósó-állósági követelmények az MSZ 4798:2015 szabvány 5.5.5. szakasza szerintiek.

6) Az e-UT 07.02.11:2011 útügyi műszaki előírás 2.1.5.2. szakasza szerint légbuborékképző adalékszerek alkalmazása közúti hidak teherhordó szerkezeteiben nem megengedett.

7) A beton környezeti osztályba sorolásához az agresszív talajvíz és talaj kémiai jellemzői az MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázatában találhatók.

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább [2)]	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma [3)] MSZ 4798 táblázata
Függőleges felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek [5)]					
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és **fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli** fagyálló beton	XF1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek				
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek, **fagynak és jégolvasztó sók permetének kitett** fagyálló beton	XF2	C25/30	300	0,55	NAD F3.
	Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. [6)] Példa: Útépítési és nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
	XF2(H)	C35/45	320	0,50	NAD F2.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek. Alkalmazása út- és repülőtéri burkolati elemek esetén **tilos!**				
Vízszintes felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek [5)]					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek és **fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli** fagyálló beton	XF3	C30/37	320	0,50	NAD F3.
	Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. [6)] Példa: Útépítési és nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
	XF3(H)	C40/50	340	0,45	NAD F2.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek. Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén **tilos!**				
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek, **fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett** fagyálló beton	XF4	C30/37	340	0,45	NAD F3.
	Légbuborékképző adalékszerrel készül a beton. [6)] Például: Útpályabetonok, hídon átvezetett útburkolatok, repülőtéri burkolatok, nem teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek				
	XF4(H)	C40/50	360	0,40	NAD F2.
	Légbuborékképző adalékszer nélkül készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hídépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek. Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén **tilos!**				
Talajvíz és talaj (alapvetően duzzadásos és esetleg oldódásos) **kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek [7)]**					
Enyhén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
	Például: Pincék, alaptestek, fúrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tübbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
Mérsékelten agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA2	C30/37	320	0,50	NAD F2.
	Például: Pincék, alaptestek, fúrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tübbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				
Nagymértékben agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA3	C35/45	360	0,45	NAD F2.
	Például: Pincék, alaptestek, fúrt és talaj-kiszorításos cölöpök, mikrocölöpök, résfalak, tübbingek, mélygarázsok, süllyesztő-szekrények (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák				

8) A beton környezeti osztályba sorolásához az egyéb agresszív vizek és folyadékok stb. kémiai jellemzői az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány NAD 2. táblázatában találhatók.
Az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerint meghatározott legnagyobb vízbehatolás 20 mm lehet.

9) A cement-tartalom a megkövetelt legkisebb értéket legfeljebb 5%-kal haladhatja meg. II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legkisebb cement-tartalom alatt legkisebb hatékony kötőanyag-tartalom értendő.

10) II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén a legnagyobb víz-cement tényező alatt legnagyobb víz-(hatékony kötőanyag) tényező értendő.

11) A kopásállóságot az MSZ 18290-1:1981 szabvány szerinti Böhme-féle vizsgálattal az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.6. szakaszában leírtaknak megfelelően kell meghatározni.

12) A beton MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány által módosított MSZ EN 1917:2003 szabvány D melléklete szerinti vízfelvétele betonszerkezet esetén ≤ 6,0 tömeg%, vasbetonszerkezet esetén ≤ 4,0 tömeg%, feszített vasbeton szerkezet esetén ≤ 2,0 tömeg% legyen.

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább [2)]	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma [3)] MSZ 4798 táblázata
Egyéb agresszív vizek és folyadékok stb. (alapvetően oldódásos és esetleg duzzadásos) **kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek [8)]**					
Közcsatornába bocsátható, **enyhén agresszív** szennyvizek, valamint egyéb enyhén agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok	XA4(H)	C30/37	320 [9)]	0,45 [10)]	NAD F2.
	Például: Szennyvíztisztító telepek harmadlagos (fizikai-kémiai) tisztítási műtárgyainak betonja, enyhén agresszív szennyvizekkel érintkező műtárgyak, enyhén agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, csapadékvíz (esővíz) tároló műtárgyak stb. betonja				
Közcsatornába bocsátható, **közepesen agresszív** szennyvizek, valamint egyéb közepesen agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok. A beton agresszív kémiai hatásnak kitett felületét ajánlott védőréteggel bevonni!	XA5(H)	C30/37	330 [9)]	0,43 [10)]	NAD F2.
	Például: Szennyvíztisztító telepek elsődleges (mechanikai) és másodlagos (biológiai) tisztítási műtárgyainak betonja, közcsatornába bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, közterületi átemelők, és szennyvíziszap kezelési műtárgyak betonja, valamint közepesen agresszív szennyvizekkel vagy kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hígtrágyatároló és kezelő medencék, istálló padozatok, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók, kémény fedkoszorúk stb. betonja				
Közcsatornába nem bocsátható, **fokozottan agresszív** szennyvizek, valamint egyéb fokozottan agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonok. A beton agresszív kémiai hatásnak kitett felületét védőréteggel kell bevonni!	XA6(H)	C35/45	345 [9)]	0,40 [10)]	NAD F2.
	Például: Közcsatornába nem bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, átemelők és szennyvíztisztító telepi műtárgyak betonja, valamint fokozottan agresszív szennyvizekkel vagy kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel vagy anélkül, állatetető vályúk, takarmány silók, mezőgazdasági erjesztő silók, faanyag szárító csarnokok, vasúti kocsi mosók, veszélyes hulladék tárolók stb. betonja				
Kopásálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek [11)]					
Mérsékelten kopásálló, k14/21 jelű kavics- vagy zúzottkőbeton	XK1(H)	C30/37	310	0,50	NAD F2.
	Például: Silók, bunkerek, tartályok könnyű anyagok tárolására, garázspadozatok, lépcsők, járólapok, kopásálló réteggel ellátott ipari padlóburkolatok kopásálló réteg nélkül				
Kopásálló, k12/18 jelű zúzottkőbeton	XK2(H)	C35/45	330	0,45	NAD F2.
	Például: Nehéz anyagok tárolója, gördülő hordalékkal érintkező betonok, egyrétegű járdalapok és monolit járdák, kétrétegű járdalapok kopórétege, közönséges útszegélyelemek, beton és vasbeton lépcsők, aknafedlapok				
Fokozottan kopásálló, k10/15 jelű zúzottkőbeton	XK3(H)	C40/50	350	0,40	NAD F2.
	Például: Egyrétegű útburkolóelemek, kétrétegű útburkolóelemek kopórétege, kopásálló útszegélyelemek, útpályaburkolatok, repülőtéri fel(le)szállópályák és gördülő utak, konténer átrakó állomások térburkolata				
Igen kopásálló, k8/12 jelű zúzottkőbeton	XK4(H)	C45/55	370	0,38	NAD F2.
	Például: Nehéz és hernyótalpas járművek járta térburkolatok, kopóréteg nélküli ipari padlóburkolatok				
Vízzáró beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
Csak légköri nyomáson lévő **nedvességálló** (nem vízzáró) beton [12)]	XV0(H)	C25/30	300	0,55	NAD F2.
	Például: Talajvízszint feletti föld alatti szerkezetek, vagy vízelszívással tartósan víztelenített környezetű szerkezetek				
Mérsékelten vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 50 mm mélyen hatol be [13)]	XV1(H)	C25/30	300	0,55	NAD F2.
	Például: Pincefalak, csatornafalak, mélyalap, áteresz, folyóka, surrantóelemek, mederlapok, mederburkolóelem, rézsűburkolat, víztároló medencék, záportározók, esővízgyűjtő aknák				
Közepesen vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 35 mm mélyen hatol be [13)]	XV2(H)	C30/37	300	0,50	NAD F2.
	Például: Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, víztároló medencék, föld alatti garázsok, aluljárók külön szigetelőréteg nélkül, földalatti alaptestek, kiegyenlítő lemezek				
Fokozottan vízzáró beton, amelybe a víz legfeljebb 20 mm mélyen hatol be [13)]	XV3(H)	C30/37	300	0,45	NAD F2.
	Például: Mélygarázsok, mélyraktárak, alagutak külső határoló szerkezete, vízépítési műtárgyak				

13) A vízzáróságot az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerint kell meghatározni.

Kausay 2018.

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 és MSZ 4798:2016 betonszabvány szerint készített beton tervezési élettartama általában legalább 50 év!



Rövidebb (pl. 20 év) vagy hosszabb (pl. 100 év) tervezési élettartam kevésbé szigorú vagy szigorúbb követelményekre lehet szükség.

A tervezési élettartam értelmezése az ISO 16204:2012 „Tartósság. Betonszerkezetek élettartamának tervezése" szabványban található.

A végleges jellegű <u>közúti hidakra</u> az MSZ EN 1992-1-1:2010 (Eurocode 2) szerint <u>a tervezési élettartam 100 év</u>



Ugyancsak <u>100 év</u> például a vízépítési műtárgyak tervezési élettartama

Kausay

MSZ EN 1990:2011 **2.1. táblázat: Tervezési élettartamok** EUROCODE

Osztály	Előírt tervezési élettartam (év)	Példák
1.	10	Ideiglenes tartószerkezetek (1)
2.	10–25	Cserélhető tartószerkezeti részek, például darupályatartók, saruk
3.	15–30	Mezőgazdasági és hasonló tartószerkezetek
4.	50	Épületek tartószerkezetei és egyéb szokásos tartószerkezetek
5.	100	Monumentális épületek tartószerkezetei, hidak és más építőmérnöki szerkezetek

(1) Az olyan tartószerkezeteket vagy azok részeit, melyek újrafelhasználás céljából szétszerelhetők, nem kell ideiglenes szerkezetnek tekinteni.

MSZ EN 1990:2011 szabvány
1.5.2.8. szakasz szerint
a tervezési élettartam (design working life)
az a feltételezett időtartam, melynek során a tartószerkezet vagy annak egy része az előirányzott fenntartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül, a tervezett rendeltetésének megfelelően használható.

Használati élettartam
A használati élettartam tényleges, *tapasztalati érték*. Időtartam, amely alatt a szerkezetbe épített beton megfelelő fenntartás mellett, de jelentős javítási munkák nélkül, tervezett rendeltetésének megfelelően használható.

A tartós beton használati élettartama nagyobb, vagy legalább akkora, mint a tervezési élettartam.

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány szerint

Használati élettartam

Az az időtartam, amely alatt a szerkezetbe épített beton tulajdonságai megmaradnak a szerkezet minőségi követelményeit kielégítő szinten, feltéve, hogy a szerkezetet megfelelő módon karbantartják.

Tervezett használati élettartam (tervezési élettartam) németül:

Geplante Nutzungsdauer

Az MSZ EN 206: 2013+A1:2017, illetve MSZ 4798:2016 szabvány a beton legalább 50 évre tervezett tartóssága érdekében környezeti osztályok alkalmazását írja elő.

A tervezési élettartam alatt a beton feltehetően *tartós* lesz, ha a környezeti hatásokat károsodás nélkül viseli.

Így a beton, vasbeton, feszített vasbeton *szerkezetek építéséhez használt betonkeverékek összetételének és tulajdonságainak* *rendeltetésük szerint* *illeszkedniük kell* *a környezeti hatásokat leíró* *környezeti osztályokhoz*.

Ez azt jelenti, hogy összetételük meg kell feleljen az

x_{max}, c_{min}, $f_{ck,cyl}$ /$f_{ck,cube,min}$, $V_{levegő,\ előírt}$

határértékeknek,

valamint az esetleges különleges követelményeknek, mint például a fagyállóság, fagy- és olvasztósó-állóság, kopásállóság, vízzáróság.

MSZ 4798:2016 szabvány 5.3.2. szakaszának (5) bekezdése

(5) Az erőtani számítás szerinti szükséges nyomószilárdsági osztály és a környezeti feltételek szerinti szükséges legkisebb nyomószilárdsági osztály közül általában a nagyobb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni.

Ennek értelmében, ha az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály nagyobb, mint a környezeti feltételek szerint szükséges legkisebb nyomószilárdsági osztály, akkor az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály a mértékadó.

Ha az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály kisebb, mint a környezeti feltételek szerint szükséges legkisebb nyomószilárdsági osztály, akkor a mértékadó nyomószilárdsági osztály kiválasztása tekintetében két eset lehetséges:

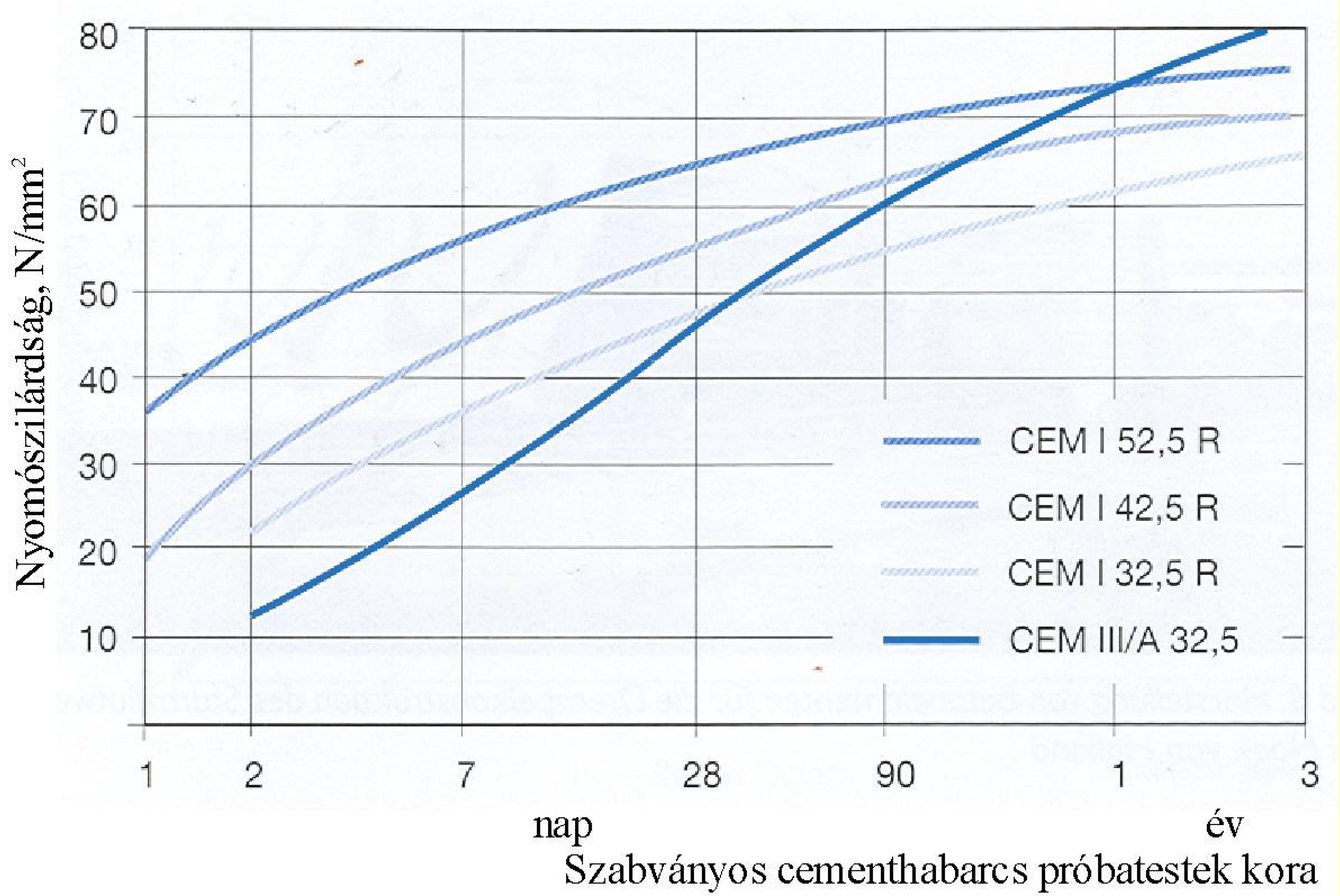
- ***ha az adott építmény esetén felelősséggel nem bizonyított, hogy az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak ellenálló beton készítéséhez elegendő, akkor a környezeti feltételek szerint szükséges legkisebb nyomószilárdsági osztályt kell mértékadónak tekinteni;***
- ***ha az adott építmény esetén felelősséggel és írásban bizonyítják, hogy az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztály a környezeti hatásoknak – a tervezési élettartam alatt – ellenálló beton készítéséhez elegendő, akkor az erőtani számítás szerint szükséges nyomószilárdsági osztályt lehet mértékadónak tekinteni.***

Ennek az esetnek jellegzetes példáját jellegzetes példáját adhatja a CEM III jelű kohósalakcement (MSZ EN 197-1:2011) alkalmazása.

A CEM III/A kohósalakcement utószilárdulása 90 napos korig a 28 napos nyomószilárdságnak általában a 30-40 %-át, a CEM III/B kohósalakcementé pedig a 20-25 %-át teszi ki. Ezért feltételezhető, hogy az adalékszerrel nem gyorsított kötésű és szilárdulású, CEM III kohósalakcementtel gondosan készített és utókezelt beton nyomószilárdsági osztálya 90 napos korra eléri a környezeti feltételek alapján az MSZ 4798-1:2004 szabványban ajánlott legkisebb nyomószilárdsági osztályt.

Nem kizárt tehát, hogy bizonyítható: CEM III N (normál kezdőszilárdságú) vagy L (kis kezdőszilárdságú) kohósalakcement alkalmazása esetén az erőtani számítás eredménye alapján megállapított szükséges – a környezeti osztály nyomószilárdsági követelményénél kisebb – 28 napos korra vonatkozó nyomószilárdsági osztály elegendő a környezeti hatásoknak a tervezési élettartam alatt ellenálló beton készítéséhez.

Lásd a következő ábrát.



Cementek szilárdulási folyamata (Forrás: *Rendchen, K.*: Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2002.)

Ezzel összefüggésben megemlítendő a DIN 1045-2:2008 szabvány F.2.1 táblázatának egyes környezeti osztályokhoz tartozó lábjegyzete:

d) Bei Verwendung von Luftporenbeton, z. B. aufgrund gleichzeitiger Anforderungen aus der Expositionsklasse XF, eine Festigkeitsklasse niedriger. In diesem Fall darf Fußnote e nicht angewendet werden.

e) Bei langsam und sehr langsam erhärtenden Betonen (r < 0,30 lásd a következő diakockán) eine Festigkeitsklasse niedriger. Die Druckfestigkeit zur Einteilung in die geforderte Druckfestigkeitsklasse nach 4.3.1 ist auch in diesem Fall an Probekörpern im Alter von 28 Tagen zu bestimmen. In diesem Fall darf Fußnote d) nicht angewendet werden.

MSZ 4798:2016 szabvány

16. táblázat: A beton szilárdságának alakulása 20 °C-on

A szilárdulási ütem	Nyomószilárdság aránya $r = f_{cm,2} / f_{cm,28}$
Gyors	$\geq$ 0,5
Közepes	$\geq$ 0,3-tól < 0,5-ig
Lassú	$\geq$ 0,15-től < 0,3-ig
Nagyon lassú	< 0,15

Az építési célnak — beleértve a tartósságot is — csak a kellően bedolgozott, megkövetelt tömörségű, zárványmentes beton felel meg, ezért a bedolgozott friss beton levegőtartalmát korlátozni kell.

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a friss beton levegőtartalmának tervezési értéke a következő:

Kausay

MSZ 4798:2016 NAD F2. táblázat: A légbuborékképző adalékszer nélkül készített friss beton tervezett levegőtartalmának értéke a nyomószilárdsági osztály és a konzisztencia osztály függvényében

A beton konzisztencia osztálya				
Roskadási osztály	–	S1	S2, S3	S4, S5
Tömörítési osztály	C1	C2	C3	C4
Terülési osztály	F1	F2	F3	F4, F5, F6
Beton nyomó-szilárdsági osztálya	Friss beton tervezett levegőtartalma, legfeljebb, térfogat%			
C8/10	5,0	4,0	3,0	2,0
C12/15	4,0	3,0	2,0	1,5
C16/20	3,5	2,5	1,5	1,0
C20/25	3,0	2,0	1,0	1,0
C25/30	2,0	1,5	1,0	1,0
C30/37	1,5	1,0	1,0	1,0
C35/45 – C100/115	1,0	1,0	1,0	1,0

MSZ 4798:2016 NAD F3. táblázat: A légbuborékképző adalékszerrel készített friss beton előírt összes, átlagos levegő-tartalmának (légpórus + légbuborék) értéke az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának a függvényében

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Legnagyobb szemnagyság mm	A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), térfogat%	
8 és 12	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
24 és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
	A kötőanyagpép összes, átlagos levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), legalább, térfogat%	
	15,0	18,0
MEGJEGYZÉS: Az XF4 környezeti osztályú kopásálló betonok esetén a levegőtartalom alsó határértékei 0,5 térfogatszázalékkal csökkenthetők, de a betonok a fagy- és olvasztósó-állósági követelményeknek feleljenek meg.		

A beton tényleges levegőtartalmának nem szabad a tervezett levegőtartalomnál nagyobbnak, fagyálló, vagy fagy- és olvasztósó-álló beton esetén kisebbnek lennie, illetve ezt a követelményt az előírt megengedett tűréssel kell teljesítenie.

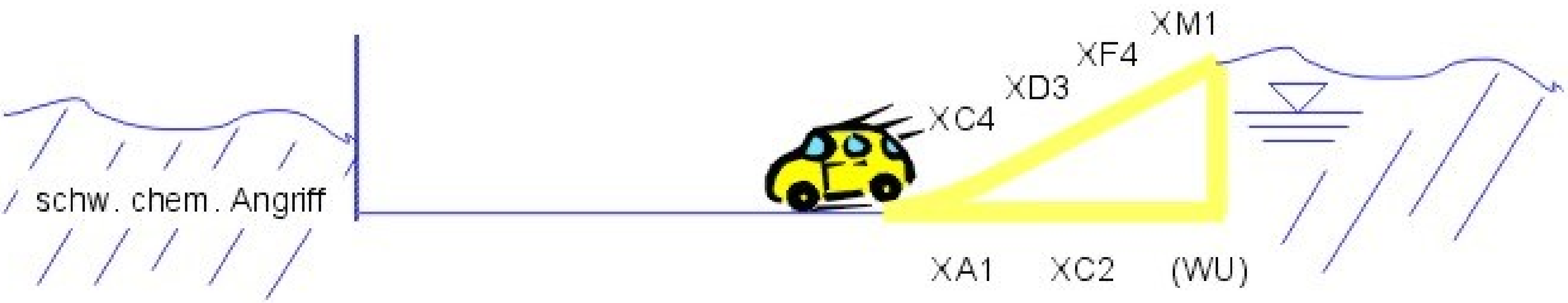
Ha az adott keverék esetén az alkalmazott tömörítéssel ez feltétel nem teljesíthető, akkor vagy a tömörítés módját kell megváltoztatni vagy a betonösszetételt kell áttervezni.

Ha a betont több féle környezeti hatás éri, akkor e hatásokat a környezeti osztályok kombinációjaként kell kifejezni.

Ebben az esetben olyan betont kell tervezni és készíteni, amelynek összetétele és tulajdonságai a szóban forgó, társított környezeti osztályok mindegyikének követelményét kielégíti.

Ha a környezeti hatások egyike fagy-, illetve fagy- és olvasztósó hatás, és a beton légbuborékképző adalékszerrel készül, akkor a friss beton átlagos levegőtartalma a fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló beton előírt összes levegőtartalmának (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék) feleljen meg.

Beispiel
Grenzwerte der Zusammensetzung für den Beton der Rampe



Rampe		Zementgehalt [kg/m³]	mit Typ II	w/z-Wert	Festigkeit
Außenbauteil, bewehrt	XC4 (oben)	280	270	0,60	C25/30
Chloridangriff, ohne Frost	XD3 (oben)	320	270	0,45	C35/45
Frost-Taumittelangriff, horizontale Fläche	XF4 (oben)	320	320	0,50	C30/37
Mäßige Verschleißbeanspruchung	XM1 (oben)	300	270	0,55	C30/37
Schwacher chemischer Angriff	XA1 (unten)	280	270	0,60	C25/30
Gründungsbauteil, nass selten trocken	XC2 (unten)	240	240	0,75	C16/20
Hoher Wassereindringwiderstand für h > 0,40 m	(WU)	-	-	0,70	-

Mindestanforderungen an die Betonzusammensetzung		Zementgehalt	mit Typ II	w/z-Wert	Festigkeit
	LP-Beton	320	320	0,45	C30/37

Teil der Festlegung Stahlbeton C30/37 XC4, XD3, XF4, XM1, XA1 (WU)

Kausay

MSZ 4798:2016 NAD F4. táblázat: Példa a környezeti osztályok társítására (kombinációjára)

Környezeti osztály	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m3	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton átlagos összes levegő-tartalma, térfogat%
XC4 – XF1 – XA2 – XV1(H) környezeti osztályú vasbeton támfal betonja				
XC4	C30/37	300	0,50	NAD F2. táblázat szerint
XF1	C30/37	300	0,55	
XA2	C30/37	320	0,50	
XV1(H)	C25/30	300	0,55	
XC4 – XF1 – XA2 – XV1(H)	C30/37	320	0,50	
XC4 – XF4 – XK3(H) környezeti osztályú, 32 mm legnagyobb szemnagyságú adalékanyaggal készített fagy- és olvasztósó- és kopásálló beton				
XC4	C30/37	300	0,50	NAD F2. táblázat szerint
XK3(H)	C40/50	350	0,40	
XF4	C30/37	340	0,45	NAD F3. táblázat szerint
XC4 – XF4 – XK3(H)	C40/50	350	0,40	

Az MSZ EN 206: 2013+A1:2017 európai betonszabvány eredetileg hat környezeti osztály csoportot tartalmaz, *az MSZ 4798:2016 ezeken kívül még néggyel számol*:

1. **Nincs korróziós kockázat;**
2. **Karbonátosodás okozta korrózió;**
3. **Nem tengervízből származó kloridok korróziós hatása;**
4. **Tengervízből származó kloridok hatása;**
5. **Fagyás/olvadás okozta korrózió, ugyanez *Lb-képző nélküli beton esetén*;**

6.1. Talajvíz és talaj okozta korrózió;

6.2. Egyéb kémiai okozta korrózió;

7. Koptatóhatás okozta károsodás;

8. Igénybevétel víznyomás hatására.

Környezeti osztályok kiterjesztése

Csak beton	Környezeti hatásoknak nem ellenálló beton	XN(H), X0b(H), XV1(H)
Csak vasbeton betonja		X0v(H)
Csak vasbeton és feszített vasbeton betonjára vonatkozó környezeti osztályok	Karbonátosodás	XC1 – XC4
	Kloridoknak (nem jégolvasztó) kitett beton	XD1 – XD3 XS1 –XS3
Beton, vasbeton és feszített vasbeton betonjára egyaránt vonatkozó környezeti osztályok	Fagyálló beton	XF1 LP-képző nélkül XF2 –XF4 LP-képzővel XF2(H) – XF4(H) LP-képző nélkül (légbuborékképző nélkül)
	Korróziónak kitett beton	XA1 – XA3 XA4(H) – XA6(H)
	Kopásálló beton	XK1(H) – XK4(H)
	Vízzáró beton	XV2(H) – XV3(H)

Vízzáró feszített vasbeton csak XV3(H) környezeti osztályú [vz20(H) jelű] betonból készíthető.

MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázat: Környezeti osztályok

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
1. Nincs korróziós vagy kimaródási kockázat		
X0	**Vasalás vagy más beágyazott fém nélküli beton esetén: valamennyi környezeti körülmény, kivéve azokat, amelyek esetén fagyás/olvadás, koptatás vagy kémiai korrózió fordul elő. Vasbeton vagy beágyazott fémet tartalmazó betonok esetén: nagyon száraz *környezetben*.**	**Nagyon kis relatív páratartalmú *(< 35%)* épületben *(környezetben)* levő *beton vagy beágyazott fémet tartalmazó* beton**

MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázat: Környezeti osztályok

XN(H)	*Káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű betont*	*Alárendelt szilárdságú aljzatbeton, beton alapréteg, cement-stabilizáció*
X0b(H)	*Káros környezeti hatás nem éri a betont*	*Alapbeton, kitöltő és kiegyenlítő beton, hátbeton, kézi falazóelem*
X0v(H)	*Karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatás nem éri a vasalt betont*	*Vasalt (nem vasbeton) térhatároló beton*

MSZ 4798:2016 NAD F1. táblázat: Határértékek a beton összetételére és tulajdonságaira

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya legalább	Beton cement-tartalma legalább kg/m³	Beton víz-cement-tényezője legfeljebb
1.1. Környezeti hatásoknak ki nem tett beton szerkezetek, általában legfeljebb 35% relatív páratartalmú helyen				
Környezeti hatásoknak (nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás) nem ellenálló, szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	XN(H)	C8/10	165	0,90
Környezeti hatásoknak (nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás) nem ellenálló beton	X0b(H)	C12/15	230	0,75
1.2. Környezeti hatásoknak ki nem tett vasalt beton szerkezetek				
Környezeti hatásoknak (nedvesség, karbonátosodás, kloridhatás, fagyás/olvadás, kémiai korrózió, koptatóhatás vagy víznyomás) nem ellenálló vasalt beton	X0v(H)	C16/20	250	0,70

MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázat: Környezeti osztályok

2. Acélbetétkorrózió karbonátosodás következtében		
Amikor a vasbetont vagy más, beágyazott fémet tartalmazó betont levegő és nedvesség éri, akkor a környezeti hatásokat a következők szerint kell osztályozni:		
XC1	Száraz vagy tartósan nedves	Kis relatív páratartalmú épületben levő beton; Állandóan víz alatt levő beton
XC2	Nedves, ritkán száraz	Hosszú időn át vízzel érintkező betonfelületek; A legtöbb alapozás
XC3	Mérsékelt nedvesség	Mérsékelt vagy nagy relatív páratartalmú épületekben levő beton. Esőtől védett, szabadban lévő beton
XC4	Váltakozva nedves és száraz	Vízzel érintkező betonfelületek, amelyek nem tartoznak az XC2 osztályba.

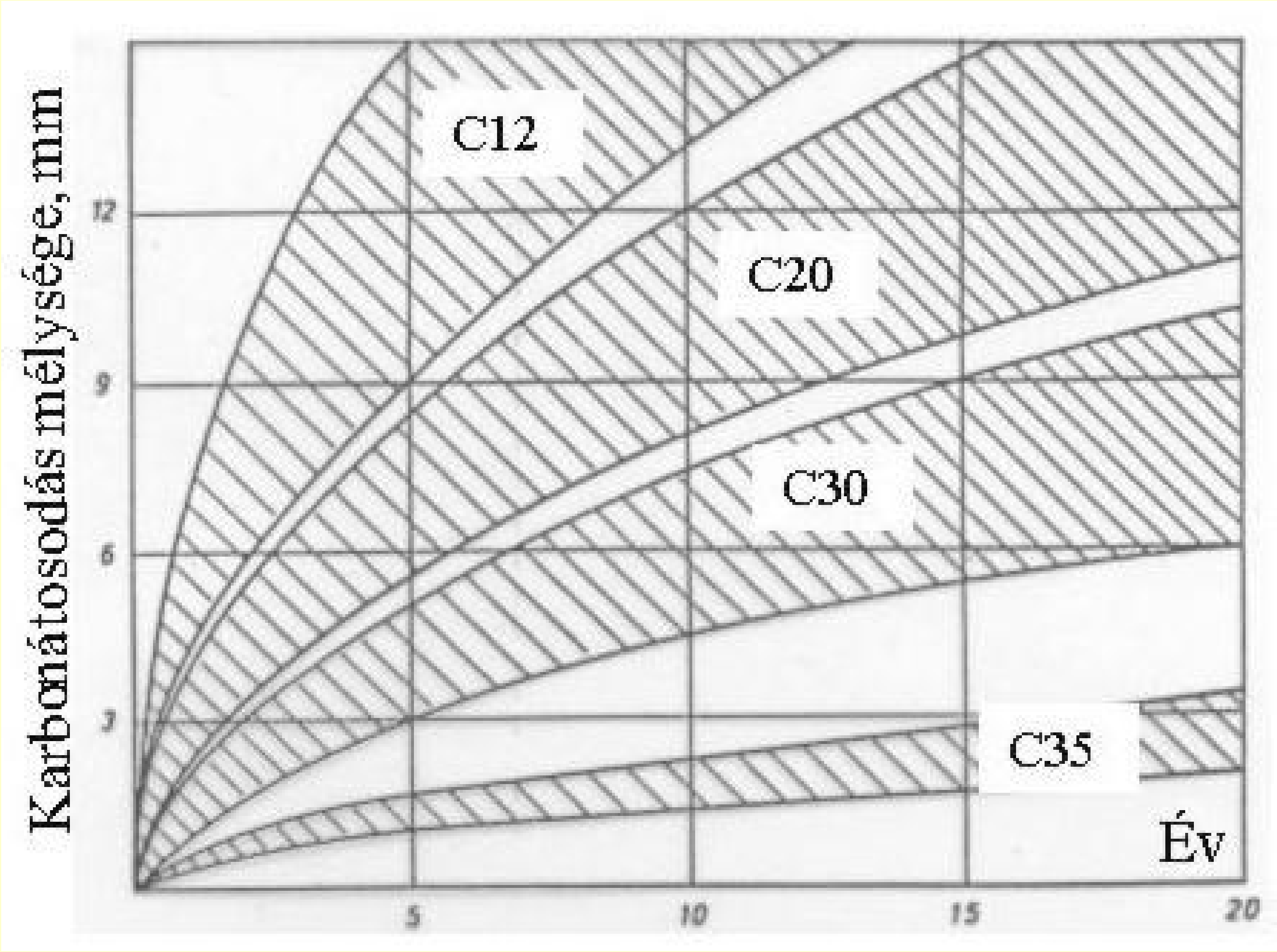
MSZ 4798.2016 F1. táblázat: Határértékek a beton összetételére és tulajdonságaira Alkalmazási terület	Környe-zeti osztály jele	Beton nyomó-szilárd-sági osztálya legalább	Beton cement-tartalma legalább kg/m^3	Beton víz-cement tényező-je legfel-jebb
2. **Karbonátosodás okozta korrózió**				
Száraz, vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt	XC1	C20/25	260	0,65
Nedves, ritkán száraz helyen (épület alapok)	XC2	C25/30	280	0,60
Mérsékelten nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben, vagy a szabadban, esőtől védett helyen	XC3	C30/37	280	0,55
Váltakozva nedves és száraz, víznek kitett helyen	XC4	C30/37	300	0,50

Az acélbetét korróziójának három környezeti feltétele van:
a.) nedvesség jelenléte
b.) oxigénnek az acélbetéthez jutása
c.) a beton lúgosságának megszűnése

Karbonátosodás:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

Ezek kialakulását a betonfedés tömörsége és vastagsága is befolyásolja.



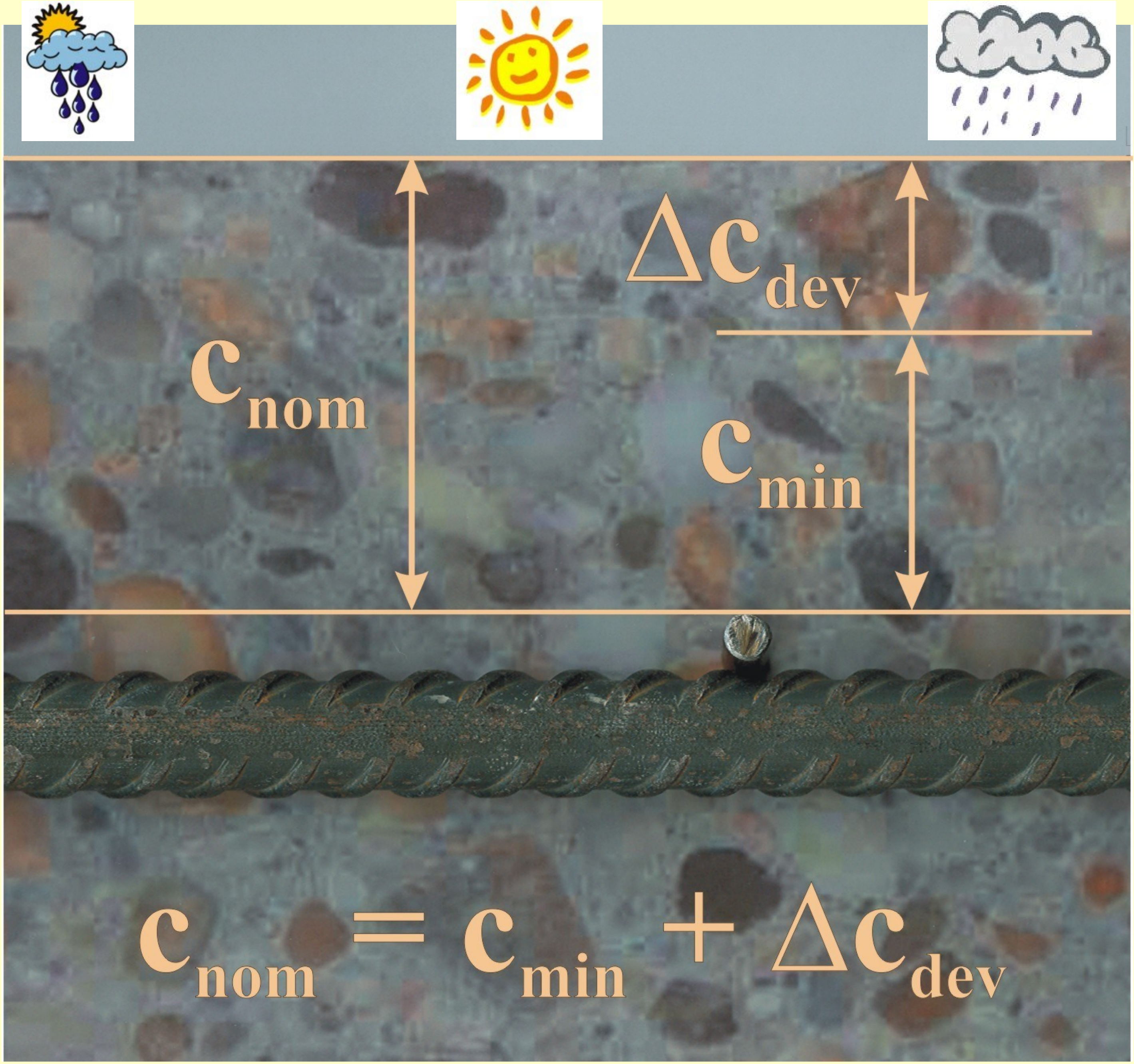
Karbonátosodás mélysége az idő és a nyomószilárdsági osztály függvényében

Forrás: http://www.fh.campuswien.ac.at/bau@home/bausanierung/daten/4_5_3.htm

Az előírt <u>névleges betonfedés</u> (c_{nom}) az előírt <u>legkisebb betonfedésnek</u> (c_{min}) a <u>kötelező ráhagyással</u> (Δc_{dev}) megnövelt, előírt értéke:

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} \text{ [mm]}$$

Az előírt névleges betonfedést (c_{nom}) kell a statikai számításokban alkalmazni, és a szerkezeti terveken bejelölni.


Δc_{dev}
c_{nom}
c_{min}
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$



Karbonátosodás, fagyás, jégolvasztó sózás hatására károsodott aluljáró födém

Szerkezeti osztály

Az építmények szerkezeti osztálya az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakasza szerinti fogalom. A szerkezeti osztályok tulajdonképpen tartalom nélküliek, a beton fedés szükséges mértékéről adnak tájékoztatást, ami pedig kihat többek között az adalékanyag névleges legnagyobb szemnagyságának megengedhető mértékére.

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány 4.4.1.2. szakaszának 4.4.N és 4.5.N táblázata hat szerkezeti osztályt tartalmaz (jelük: S1-S6.) A szabvány 4.4.1.2. szakasza (5) bekezdésének megjegyzése az 50 év tervezési élettartamú és a szabvány E. mellékletében (E1N táblázat) szereplő környezeti osztályokhoz tartozó nyomószilárdsági osztályú betonokat az S4 szerkezeti osztályba javasolja sorolni.

Ha a *minőségellenőrzés nem kiemelt szintű,* akkor a következő szerkezeti osztályt, illetve betonfedést kell alkalmazni:

Tervezési élettartam	Szerkezeti osztály valamennyi környezeti osztályban, ha a minőségellenőrzés *nem* kiemelt szintű
< 50 év	S3
50 év	S4
100 év	S6

Ha a *minőségellenőrzés kiemelt szintű,* akkor a következő szerkezeti osztályt, illetve betonfedést kell alkalmazni:

Tervezési élettartam	Szerkezeti osztály valamennyi környezeti osztályban, ha a minőségellenőrzés kiemelt szintű
< 50 év	S2
50 év	S3
100 év	S5

Környezeti osztály Tervezési élettartam 50 év, a minőségellenőrzés kiemelt szintű	Környezeti hatások miatt szükséges előírt legkisebb betonfedés S3 szerkezeti osztályban $c_{min,dur}$, mm	
	Betonacél	Feszítőbetét
X0, X0v(H)	10	10
XC1	10	20
XV0(H), XC2, XC3	20	30
XC4, *XF1, XV3(H)*	25	35
XD1, XS1, *XF2 XF3 , XA1, XK1(H)*	30	40
XD2, XS2, *XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)*	35	45
XD3, XS3, *XF4(H), XA3, XA5(H), XV2(H), XK3(H)*	40	50
XA6(H), XK4(H)	45	55

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány csak a fekete álló betűvel környezeti osztályokat tartalmazza.

Környezeti osztály **Tervezési élettartam 50 év, a minőségellenőrzés *nem* kiemelt szintű**	**Környezeti hatások miatt szükséges előírt legkisebb betonfedés S4 szerkezeti osztályban $c_{min,dur}$, mm**	
	Betonacél	**Feszítőbetét**
X0, X0v(H)	**10**	**10**
XC1	**15**	**25**
***XV0(H)*, XC2, XC3**	**25**	**35**
XC4, *XF1, XV3(H)*	**30**	**40**
XD1, XS1, *XF2 XF3 , XA1, XK1(H)*	**35**	**45**
XD2, XS2, *XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)*	**40**	**50**
XD3, XS3, *XF4(H), XA3, XA5(H), XV2(H), XK3(H)*	**45**	**55**
XA6(H), XK4(H)	**50**	**60**

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány csak a fekete álló betűvel környezeti osztályokat tartalmazza.

Környezeti osztály Tervezési élettartam 100 év, a minőségellenőrzés kiemelt szintű	Környezeti hatások miatt szükséges előírt legkisebb betonfedés S5 szerkezeti osztályban $c_{min,dur}$, mm	
	Betonacél	Feszítőbetét
X0, X0v(H)	15	15
XC1	20	30
XV0(H), XC2, XC3	30	40
XC4, *XF1, XV3(H)*	35	45
XD1, XS1, *XF2 XF3 , XA1, XK1(H)*	40	50
XD2, XS2, *XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)*	45	55
XD3, XS3, *XF4(H), XA3, XA5(H), XV2(H), XK3(H)*	50	60
XA6(H), XK4(H)	55	65

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány csak a fekete álló betűvel környezeti osztályokat tartalmazza.

Környezeti osztály Tervezési élettartam 100 év, a minőségellenőrzés *nem* kiemelt szintű	Környezeti hatások miatt szükséges előírt legkisebb betonfedés S6 szerkezeti osztályban $c_{min,dur}$, mm	
	Betonacél	Feszítőbetét
X0, X0v(H)	20	20
XC1	25	35
XV0(H), XC2, XC3	35	45
XC4, *XF1, XV3(H)*	40	50
XD1, XS1, *XF2 , XF3, XA1, XK1(H)*	45	55
XD2, XS2, *XF2(H), XF3(H), XF4, XA2, XA4(H), XK2(H)*	50	60
XD3, XS3, *XF4(H), XA3, XA5(H), XV2(H), XK3(H)*	55	65
XA6(H), XK4(H)	60	70

Az MSZ EN 1992-1-1:2010 szabvány csak a fekete álló betűvel környezeti osztályokat tartalmazza.

MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázat: Környezeti osztályok

3. Acélbetétkorrózió a nem tengervízből származó kloridok hatására		
Amikor a vasbeton vagy más beágyazott fémet tartalmazó beton kloridtartalmú víz éri, beleértve a jégolvasztó sózást és amely nem tengervízből származik, akkor a környezeti hatást a következők szerint kell osztályozni:		
XD1	Mérsékelt nedvesség	Levegő által szállított kloriddal (sópárával) érintkező beton.
XD2	Nedves, ritkán száraz	Úszómedencék. Kloridot tartalmazó talaj- és ipari vizekkel érintkező beton.
XD3	Váltakozva nedves és száraz	Kloridtartalmú vízpermettel érintkező hídelemek. Járdák és útburkolatok. Autóparkolók födémei.
Megjegyzés: Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint azokat a betonokat, amelyeket a nem tengervízből származó sók hatásán kívül fagy is éri, az XD1 – XD3 környezeti osztályok helyett az XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) környezeti osztályok valamelyikébe kell sorolni.		

MSZ 4798.2016 F1. táblázat: Határértékek a beton összetételére és tulajdonságaira Alkalmazási terület	Környe-zeti osztály jele	Beton nyomó-szilárd-sági osztálya legalább	Beton cement-tartalma legalább kg/m^3	Beton víz-cement tényezője legfeljebb
3. Kloridoknak ellenálló beton és vasbeton szerkezetek				
Mérsékelten nedves helyen, levegőből származó kloridokkal (sópárával) érintkezőt, de jégolvasztó sóknak ki nem tett, korrózióálló beton	XD1	C30/37	300	0,55
Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő kloridoknak kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett, korrózióálló beton (úszómedencék, talajvizek, ipari vizek hatása)	XD2	C35/45	320	0,50
Váltakozva nedves és száraz helyen, jégolvasztó kloridok permetének kitett korrózióálló beton (hídelemek, járdák, útburkolatok, autóparkolók födémei)	XD3	C35/45	320	0,45
4. Tengervízből származó klorid által okozott korrózió ***MEGJEGYZÉS: Magyarországon csak különleges esetben használatos környezeti osztály***				

MSZ 4798.2016 szabvány megjegyzése az XD2 környezeti osztályhoz

Az agresszív vízzel (talajvízzel, egyéb természetes vízzel, szennyvízzel vagy egyéb agresszív folyadékkal) érintkező vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet betonját akkor kell XD2 környezeti osztályba sorolni, ha az agresszív víz kloridtartalma Cl^- > 500 mg/l.

A talajvíz és természetes víz kloridtartalmát az MSZ 18094-11:1979 szerint, a szennyvizek és egyéb agresszív vizek kloridtartalmát az MSZ 260-6:1977 vagy az MSZ EN ISO 10304-1:2009 szabvány szerint kell meghatározni.

Hivatkozott szabványok:

MSZ 18094-11:1979 Talajkorróziós vizsgálatok. A talaj és a talajvíz klorid-ion tartalmának meghatározása

MSZ 260-6:1977 Szennyvizek vizsgálata. Kloridion meghatározása. **Visszavont szabvány**

MSZ EN ISO 10304-1:2009 Vízminőség. Az oldott anionok meghatározása ionkromatográfiával. 1. rész: A bromid, a klorid, a fluorid, a nitrát, a nitrit, a foszfát és a szulfát meghatározása

Magyarázat a következő diakockán

Az ivóvíz kloridtartalmának határéke a 201/2001.(X.25.) Korm. rendeletben 250 mg/l.

Ha a víz kloridtartalma Cl^- > 500 mg/l (ez Svájcban az XD2b környezeti osztály feltétele), akkor a SIA 262:2013 „Betonbau” svájci szabvány és a Cemsuisse-Merkblatt MB 02:2016 svájci műszaki irányelv vasbeton esetén 55 mm, feszített vasbeton esetén 65 mm névleges betonfedést alkalmaz, amely 5 mm-rel több az MSZ 4798:2016 szerinti XD2 környezeti osztályhoz tartozó névleges betonfedésnél. A svájci szabvány az XD2b környezeti osztályban alkalmazandó cementekről tudomásunk szerint nem szól, csak a betonfedést szabályozza.

A California Department of Transportation Division of Engineering Services Materials Engineering and Testing Services mérnökszolgálat a „Corrosion and Structural Concrete Field Investigation Branch a Corrosion Guidelines Version 2.1 January 2015” irányelvben ezt írja: „For structural elements, the Department considers a site to be corrosive if one or more of the following conditions exist for the representative soil and/or water samples taken at the site: Chloride concentration is *500 ppm or greater…*”

azaz Kaliforniában az 500 mg/l vagy ennél nagyobb kloridtartalmú talajokat és talajvizeket tartják a betonra nézve korrozív hatásúnak.

Kör-nye-zeti osz-tály	Megha-tározó agresz-szív ható-anyagok	Környe-zeti hatás követ-kez-ménye	Várhatóan a legjobb	Várhatóan jó	Esetleg még jó	Rossz
XD1	Kloridok	Acélbetét lyukkorróziója	CEM III/B	CEM I + 11% D, CEM I + 20% V, CEM II/B-V, CEM II/B-M(S-V), CEM II/B-S + 11% D, CEM III/A	CEM II/B-S	CEM I kiegészítőanyag nélkül, CEM II/A, CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XD2			CEM III/B	CEM II/B-V+ 11% D	CEM III/A	CEM I, CEM II/A, CEM II/B kiegészítőanyag nélkül, CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XD3			CEM III/B	CEM II/B-V + 11% D, CEM III/A	CEM I + 11% D, CEM I + 20% V, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V, CEM II/B-M(S-V)	CEM I kiegészítőanyag nélkül, CEM II/A, CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)

Ajánlás kötőanyagok alkalmazására

Környezeti osztály	Meghatározó agresszív hatóanyagok	Környezeti hatás következménye	Várhatóan a legjobb	Várhatóan jó	Esetleg még jó	Rossz
XD1	Kloridok és szulfátok	Acélbetét és beton lyukkorrózió és duzzadás	CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 5 + 11% D, CEM I-SR 5 + 20% V, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-M(S-V)-MSR, CEM III/A-MSR	CEM II/B-S-MSR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II/A; CEM II/B, ha nem MSR
XD2			CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 0 + 11% D, CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 3 + 11% D, CEM I-SR 3 + 20% V, CEM III/B-SR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II; CEM III/A
XD3			CEM I-SR 0 + 20% V	CEM I-SR 3 + 11% D, CEM I-SR 3 + 20% V, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5 + 11% D, CEM I-SR 5 + 20% V, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-M(S-V)-MSR, CEM III/A-MSR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II/A; CEM II/B, ha nem MSR

Ajánlás kötőanyagok alkalmazására

A fenti táblázatban szereplő valamennyi cement feleljen meg az MSZ EN 197-1:2011 szabvány követelményének, az MSR jelű mérsékelten szulfátálló cementek elégítsék ki az MSZ 4737-1:2013 szabvány követelményeit is.

A CEM III/A mérsékelten szulfátálló kohósalakcement jelében nem feltétlenül szerepel az MSR jel, a CEM III/B szulfátálló kohósalakcement jelében nem feltétlenül szerepel az SR jel.

A cement mellé külön adagolható kiegészítőanyag (*K*) e táblázatban szereplő legnagyobb mennyisége (*K*C%) a *cementtartalomra (C) vonatkoztatott* megengedett legnagyobb kiegészítőanyag adagolási érték (*K*C% = 100×*K*/*C*).

A külön adagolható kiegészítőanyag-tartalomnak a *kötőanyag-tartalomra (C+K) vonatkoztatott* %-os értéke: *K*(C+K)% = 100×*K*C/(*K*C + 1) összefüggéssel határozható meg.

Kiegészítőanyagok jelölése:

D = Szilikapor LL = Mészkőliszt
Mk = „A” típusú metakaolin S = Granulált kohósalak
V = Savanyú pernye

Aluminát-modulus, amely a szulfátálló és a mérsékelten szulfátálló cementek jellemzője:

Az aluminát-modulus a cementklinker alumínium-oxid és vas-oxid összetevőinek hányadosa, tömegarány,

$$AM = Al_2O_3/Fe_2O_3,$$

amelynek csökkenésével a cement szulfátállósága nő, másodlagos ettringit képződési hajlama és szulfátduzzadás okozta hosszváltozása csökken.

Az MSZ 4737-1:2013 szabvány szerint a szulfátálló cementek aluminát-modulusa legfeljebb 0,7, a mérsékelten szulfátálló cementeké legfeljebb 1,0; a szulfátálló cementek szulfátduzzadás okozta hosszváltozása legfeljebb 0,4 mm/m, a mérsékelten szulfátálló cementeké legfeljebb 1,0 mm/m.

A szulfátálló cementek első kutatói között tartjuk számon *Henry Le Chatelier* (1850, Párizs – 1936, Miribel-les-Échelles, Isére) francia kémikust.

FAGYÁLLÓSÁG



Fagyálló, ill. fagy- és olvasztósó-álló betonok környezeti osztályai

Környezeti osztály	Olvasztósó hatás éri a betont	A beton felülete	Légbuborék-képző szerrel készül a beton
XF1	Nem	Függőleges	Nem
XF2	Igen	Függőleges	Igen
XF3	Nem	Vízszintes	Igen
XF4	Igen	Vízszintes	Igen
XF2(H)	Igen	Függőleges	Nem
XF3(H)	Nem	Vízszintes	Nem
XF4(H)	Igen	Vízszintes	Nem

MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázat: Környezeti osztályok

5. Fagyási/olvadási korrózió jégolvasztó anyaggal vagy anélkül		
Amikor a beton a fagyási/olvadási ciklusok által okozott jelentős igénybevétel éri nedves állapotban, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:		
XF1	Mérsékelt víztelítettség, jégolvasztó anyag nélkül	Függőleges vagy *5%-nál meredekebb* betonfelületek, melyeket csapadék és fagy ér. *Például homlokzatok, szabadban álló ipari, vagy mezőgazdasági építmények, tornyok.*
XF2	Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal	Útépítési szerkezetek függőleges betonfelületei, amelyeket fagy és jégolvasztó só permete ér. *Légbuborékképző adalékszerrel készített, függőleges vagy 5%-nál meredekebb közlekedési és egyéb betonfelületek, amelyeket fagy és sós víz permete ér.*
XF2(H)	*Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal*	*Légbuborékképző adalékszer nélkül készített, függőleges vagy 5%-nál meredekebb felületű előre gyártott elemek, valamint hidak 5%-nál meredekebb felületű monolit és előre gyártott szerkezetei, amelyeket fagy és sós víz permete ér.*

A betonutak és más betonfelületek emelkedését, illetve lejtését az emelkedő, illetve lejtő magassága és alaphossza hányadosának százszorosával, %-ban fejezik ki. Az emelkedő, illetve lejtő magasságának és alaphosszának hányadosa az emelkedő, illetve lejtő hajlásszögének tangense.

Ha például egy betonút 100 méter alaphosszon 20 métert emelkedik, illetve lejt, akkor az út emelkedése, illetve lejtése 20%, és az út hajlásszöge arctan(20/100) = 11,3°.

A betonutak és más szabadban lévő betonfelületek fagyállósági, illetve fagy- és olvasztósó-állósági osztályba sorolásakor az 5%-os emelkedést, illetve lejtést tekintik határértéknek.

MSZ 4798:2016 szabvány F1. táblázat: Környezeti osztályok

<table>
<tr><td colspan="6">5.1. Függőleges felületű fagyálló beton és vasbeton szerkezetek</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Függőleges felületű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli fagyálló beton</td><td>XF1</td><td>C30/37</td><td>300</td><td>0,55</td><td rowspan="2">Légbuborék-képző adalékszer nélkül készül a beton.</td></tr>
<tr><td colspan="4">MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szerinti kielégítő fagyás/olvadás állóságú adalékanyagot kell alkalmazni (lásd a NAD E1. és NAD 2. táblázatot).</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Függőleges felületű, mérsékelt víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sók permetének kitett fagyálló beton</td><td>XF2</td><td>C25/30</td><td>300</td><td>0,55</td><td rowspan="2">A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborék) a NAD F3. táblázat szerinti legyen.
Légbuborék-képző adalékszerrel készül a beton.</td></tr>
<tr><td colspan="4">MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szerinti kielégítő fagyás/olvadás állóságú adalékanyagot kell alkalmazni (lásd a NAD E1. és NAD 2. táblázatot).</td></tr>
</table>

MSZ 4798.2016 NAD F1. táblázat: Határértékek a beton összetételére és tulajdonságaira Alkalmazási terület	Környe-zeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya legalább	Beton cement-tartalma legalább kg/m^3	Beton víz-cement tényezője legfeljebb
5.1. Függőleges felületű fagyálló beton és vasbeton szerkezetek				
Függőleges felületű, mérsékelt víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sók permetének kitett fagyálló beton	***XF2(H)***	***C35/45***	***320***	***0,50***

A friss beton tervezett levegőtartalma (légpórus) a NAD F2. táblázat szerinti legyen.

Légbuborék-képző adalékszer nélkül készül a beton.

Alkalmazása út- és repülőtéri pályaburkolatok esetén tilos!

Az adalékanyag fagyálló, illetve fagy- és olvasztósóálló legyen (lásd a NAD E1. és NAD E2. táblázatot)

MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázat: Környezeti osztályok

XF3	**Nagymérvű víztelített-ség, jégolvasztó anyag nélkül**	**Vízszintes betonfelületek, amelyeket eső és fagyhatás ér.** ***Légbuborékképző adalékszerrel készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű betonfelületek, amelyeket fagy és csapadék vagy víz közvetlenül ér;*** ***A pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű betonfelületek, amelyeket a közlekedési felületről felfröccsenő víz vagy a közlekedési felületről származó víz permete ér.***
XF3(H)	***Nagymérvű víztelített-ség, jégolvasztó anyag nélkül***	***Légbuborékképző adalékszer nélkül készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű előre gyártott elemek, valamint hidak vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű monolit és előre gyártott szerkezetei, amelyeket fagy és csapadék vagy víz közvetlenül ér.***

5.2. Vízszintes felületű fagyálló beton és vasbeton szerkezetek

<table>
<tr><td rowspan="2">F1. táblázat:
Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli fagyálló beton</td><td>XF3</td><td>C30/37</td><td>320</td><td>0,50</td><td rowspan="2">A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborék) a NAD F3. táblázat szerinti legyen.
Légbuborék-képző adalékszerrel készül a beton.</td></tr>
<tr><td colspan="4">MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szerinti kielégítő fagyás/olvadás állóságú adalékanyagot kell alkalmazni (lásd a NAD E1. és NAD 2. táblázatot).</td></tr>
<tr><td rowspan="2">NAD F1. táblázat:
Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli fagyálló beton</td><td>XF3(H)</td><td>C40/50</td><td>340</td><td>0,45</td><td>A friss beton tervezett levegőtartalma (légpórus) a NAD F2. táblázat szerinti legyen.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Légbuborék-képző adalékszer nélkül készül a beton.
Alkalmazása út- és repülőtéri pályaburkolatok esetén tilos!
Az adalékanyag fagyálló, illetve fagy- és olvasztósóálló legyen (lásd a NAD E1. és NAD E2. táblázatot)</td></tr>
</table>

MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázat: Környezeti osztályok

XF4	**Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyaggal vagy tengervízzel**	**Út és hídpálya lemezek, amelyeket jégolvasztó só ér;** **Betonfelületek, amelyeket közvetlenül ér jégolvasztó só permete és fagy.** **Fagynak kitett tengeri szerkezetek felcsapódási zónája.** ***Légbuborékképző adalékszerrel készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű útburkolatok, valamint egyéb közlekedési és más felületek, továbbá hídpályalemezek és hídszegélygerendák, amelyeket fagy és csapadék, valamint jégolvasztó anyagok érnek;*** ***A pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű betonfelületek, amelyeket a közlekedési felületről felfröccsenő sós víz vagy a közlekedési felületről származó sós víz permete ér.***
XF4(H)	***Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyaggal vagy tengervízzel***	***Légbuborékképző adalékszer nélkül készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű előre gyártott elemek, valamint hidak vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű monolit és előre gyártott szerkezetei, amelyeket fagy és csapadék, valamint jégolvasztó anyagok közvetlenül érnek.***

5.2. Vízszintes felületű fagyálló beton és vasbeton szerkezetek

<table>
<tr>
<td rowspan="2">F1. táblázat:
Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett, fagyálló beton (útburkolatok, híd pályalemezek)</td>
<td>XF4</td>
<td>C30/37</td>
<td>340</td>
<td>0,45</td>
<td rowspan="2">A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborék) a NAD F3. táblázat szerinti legyen.
Légbuborék-képző adalékszerrel készül a beton.</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="4">MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szerinti kielégítő fagyás/olvadás állóságú adalékanyagot kell alkalmazni (lásd a NAD E1. és NAD 2. táblázatot).</td>
</tr>
<tr>
<td rowspan="2">NAD F1. táblázat:
Vízszintes felületű, nagy víztelítettségű, fagynak és jégolvasztó sóknak közvetlenül kitett, fagyálló beton (útburkolatok, híd pályalemezek)</td>
<td>XF4(H)</td>
<td>C30/37</td>
<td>340</td>
<td>0,45</td>
<td>A friss beton tervezett levegőtartalma (légpórus) a NAD F2. táblázat szerinti legyen.</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="5">Légbuborék-képző adalékszer nélkül készül a beton.
Alkalmazása út- és repülőtéri pályaburkolatok esetén tilos!
Az adalékanyag fagyálló, illetve fagy- és olvasztósóálló legyen (lásd a NAD E1. és NAD E2. táblázatot)</td>
</tr>
</table>

Felfagyott útbeton



Áttekintő táblázat: A fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló beton nyomószilárdsági osztályának és összetételének a környezeti osztálytól függő követelményei

	Légbuborékképző adalékszerrel készül			Légbuborékképző adalékszer nélkül készül			
Környezeti osztály jele	XF2	XF3	XF4	XF1	XF2(H)	XF3(H)	XF4(H)
Legkisebb nyomó-szilárdsági osztály	C25/30	C30/37			C35/45	C40/50	
Legnagyobb víz-cement tényező	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,40
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	300	320	340	300	320	340	360
Friss beton összes levegőtartalma, térfogat%	24-32 mm legnagyobb szemnagyság esetén			Legalább kissé képlékeny (S1, C2, F2) konzisztencia esetén			
	2,5-5,0		4,0-8,0	legfeljebb 1,0			
Friss kötőanyagpép összes levegőtartalma, legalább, térfogat%	15,0		18,0	–	–	–	–
Adalékanyag	Fagyálló, illetve fagy- és olvasztósóálló legyen						

MSZ EN 206:2014
3.1.3.5. képzett levegő
A keverés alatt a betonban szándékosan, rendszerint felületaktív anyagok alkalmazásával képzett *(pl. légbuborékképző adalékszerrel bevitt)* mikroszkopikus légbuborékok, amelyek gömb vagy közel gömb alakúak és átmérőjük jellegzetesen 10 µm és 300 µm között van.

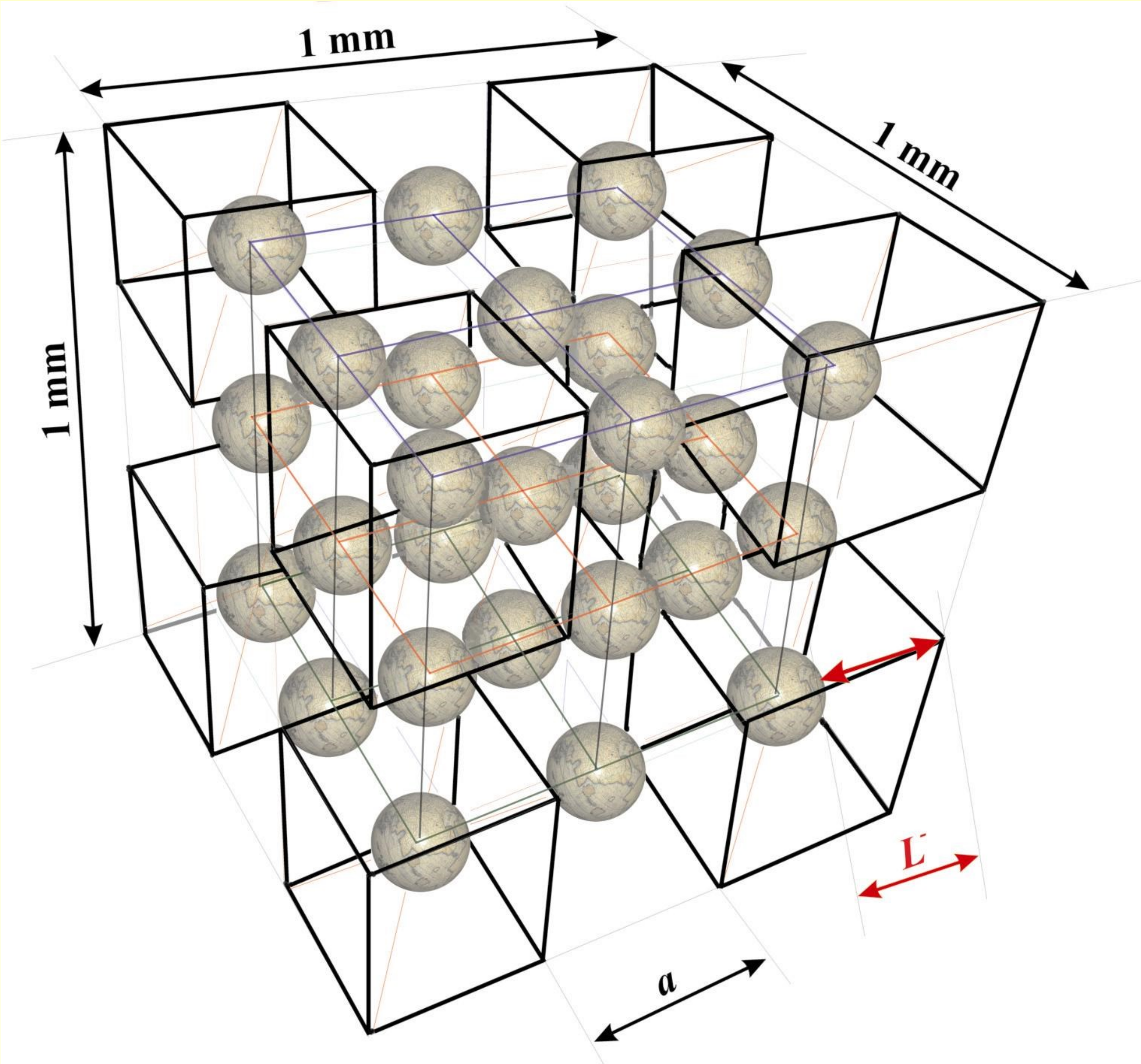
MSZ 4798:2016
NAD 10. táblázat: Légbuborékképző adalékszerrel készített szilárd, fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló beton légbuborék szerkezeti követelménye

Környezeti osztály	*XF2 és XF3*	*XF4*
Távolsági tényező, legfeljebb, mm	*0,22*	*0,18*
0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége, legalább, térfogat%	*1,2*	*2,1*
Megjegyzés: A szilárd beton légbuborék szerkezetét (a távolsági tényezőt és a 0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű légbuborékok mennyiségét) az MSZ EN 480-11:2006 szerint kell meghatározni. A szilárd beton légbuborék szerkezetének az értékeléséhez ismerni kell a beton pontos összetételét is.		

A légbuborék szerkezet vizsgálata egy olyan idealizált cementkő-modellt feltételez, amelyben egyforma méretű, gömb alakú légbuborékok egyenletes eloszlásban, köbös térrácsban helyezkednek el, és az idealizált légbuborék szerkezetnek ugyanakkora az összes térfogata és a térfogati fajlagos felülete, mint a tényleges hatékony légbuborék szerkezetnek.

Ebben a cementkő-modellben a *távolsági tényező* (jele: $\bar{L}$, mm-ben) a cementkőben a *térrács átlója* mentén egymás mellett fekvő két légbuborék felülete közötti névleges távolság fele.

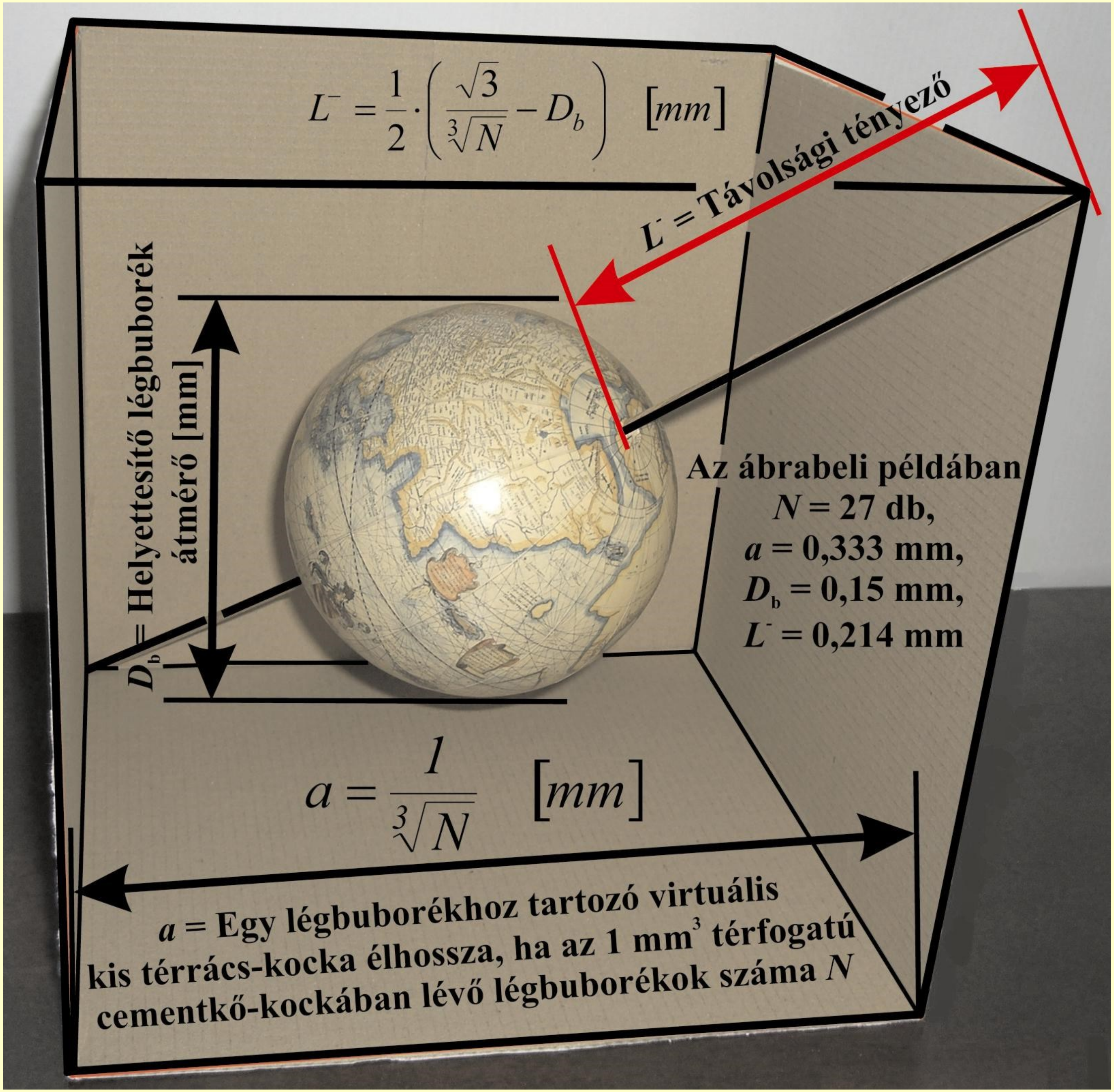
Ez a leghosszabb távolság, amelyet a nyomás hatására a vízmolekulának meg kell tennie ahhoz, hogy egy buborékfelszínhez érjen.



Az 1 mm^3 térfogatú virtuális cementkő-kockában
köbös térrács szerint elhelyezkedő, az ábrabeli példában
a D_b = 0,15 mm névleges átmérőjű légbuborékok száma: N = 27 db,
egy légbuborékhoz tartozó kis térrács-kocka élhossza:
$a = N^{-1/3}$ = 0,333 mm, a távolsági tényező: L = 0,214 mm

Idealizált cementkő-modell köbös térrácsban elhelyezkedő hatékony helyettesítő légbuborék szerkezettel

Forrás: http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/58-legbuborek.pdf

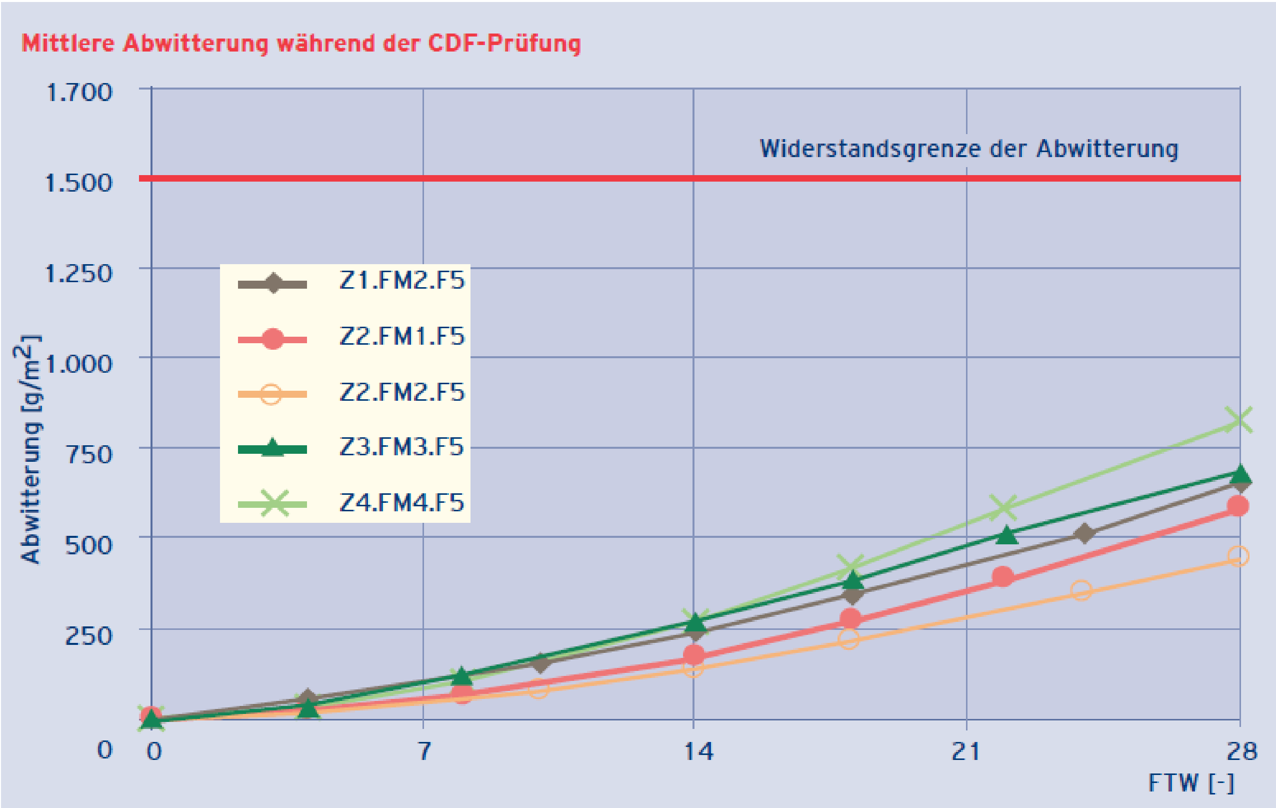


A hatékony helyettesítő légbuborék térfogateleme és a távolsági tényező az előző diakockán lévő ábra szerinti példa alapján

Forrás: http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/58-legbuborek.pdf

XF4-Betone ohne künstliche Luftporen

http://www.cemex.de/UserFiles/Infomaterial/XF4%20ohne%20LP.pdf



Die mittleren Abwitterungen der Betone lagen nach 28 Frost-Tau-Wechseln unter 1.500 g/m² und somit deutlich unterhalb der Forderungen, welche die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in ihrem Merkblatt „Frostprüfung von Beton" vom Dezember 2004 aufstellt.

Des Weiteren wurde mittels Ultraschallprüfungen der Abfall des relativen dynamischen E-Moduls dokumentiert, welcher das Voranschreiten der inneren Schädigung bei Frost-Tau-Wechsel beschreibt. Entsprechend BAW-Merkblatt „Frostprüfung" gilt Beton als geschädigt, wenn sein dynamischer E-Modul infolge der inneren Schädigung auf unter 75 % des Ursprungswerts abfällt. Die Ergebnisse der geprüften Betone zeigten Werte an, die sich weit unterhalb dieses Grenzwertes

Die CEMEX Deutschland AG hat in der Vergangenheit auf der Basis von Gutachten bei einzelnen Objekten erfolgreich XD3- und XF4-Betone ohne Luftporenbildner hergestellt. Nach Abschluß eines Forschungsprojekts zu XF4-Betonen ohne Eintrag künstlicher Luftporen an der



Container-Umschlagfläche im Hafen von Köln-Niehl: Als Oberbeton der zweischichtig betonierten Fläche wurde XF4 ohne LP eingesetzt.



5000 m³ XF4-Beton ohne Luftporenbildner kamen zum Einsatz. Die Bauteildicke betrug insgesamt 70 cm.

5000 m² felületű konténer átrakodó LP-képző nélkül készített XF4 környezeti osztályú betonból

800 m² felületű dilatáció nélküli helikopter leszálló LP-képző nélkül készített XF4 környe-zeti osztályú betonból



Hubschrauberlandeplatz in Minden: Die Fläche des Bauteils beträgt ca. 800 m² (fugenlos!), die Dicke zwischen 30 cm und 50 cm. Trotz widriger Umstände (hohe Temperaturen während des Betonierens am Vormittag, Abkühlung durch mittags einsetzenden Regen) trat kein einziger Riss auf. Bereits eine Stunde nach dem Betonieren konnte die Fläche geglättet werden. Als Nachbehandlung wurde ein Verdunstungsschutz aufgebracht, später erfolgte zusätzlich über mehrere Tage eine Nassnachbehandlung.

Beton ohne LP für die Expositionsklasse XF4

Fazit: Hohe Druckfestigkeitsanforderungen werden sicher erreicht

Im Prinzip gilt: 1 % mehr Luftporen im Beton bewirken ca. 5 bis 10 % weniger Druckfestigkeit. Diese Korrelation ist gerade bei Betonen mit hohen Festigkeitsklassen in Kombination mit luftporenbildenden Zusatzmitteln zum Teil problematisch. Die von der CEMEX Research Group AG in Zusammenarbeit mit der CEMEX Deutschland AG neuentwickelten XF4-Betone ohne Luftporenbildner schließen diesen Einfluss aus und erlauben es, auch hohe Druckfestigkeitsanforderungen sicher zu erreichen.

Sie eignen sich daher besonders für die Substitution von LP-Betonen mit hohen Druckfestigkeitsanforderungen (≥ C35/45). Solche Betone kommen beispielsweise in Parkhäusern, bei Industrieflächen und -bauten sowie im Betonfertigteilbau zur Anwendung.

DIN 1045-2:2008 szabvány (a DIN EN 206-1:2001 szabvány német nemzeti alkalmazási dokumentuma) az F.2.2 táblázatban a fagy- és olvasztósó-álló betonok változataként a légbuborékképzőszer nélkül készülő betonra külön XF2 és XF3 környezeti osztályt is megadott.

Expositionsklassen	XF1	XF2		XF3		XF4
Höchstzulässiger *w/z*	0,60	0,55[g]	0,50[g]	0,55	0,50	0,50[g]
Mindestdruck-festigkeitsklasse[b]	C25/30	C25/30	C35/45[e]	C25/30	C35/45[e]	C30/37
Mindestzement-gehalt[c] in kg/m³	280	300	320	300	320	320
Mindestzementgehalt[c] bei Anrech-nung von Zusatz-stoffen in kg/m³	270	270[g]	270[g]	270	270	270[g]
Mindest-Luftgehalt in %	—	f	—	f	—	f, j

Fentiekhezhez hasonló a környezeti osztályokat *XF2(H), XF3(H)* és *XF4(H)* jelekkel szerkezeti (nem útpályaszerkezeti) betonok esetén Magyarországon is alkalmazhatjuk az MSZ 4798:2016 betonszabvány alapján.

MSZ EN 206:2014 betonszabvány F melléklete, 1. táblázat alatti a) megjegyzés:

„Ha a betonban nincs mesterséges légbuborék, akkor a beton teljesítményét megfelelő módszerrel meg kell vizsgálni olyan betonnal összehasonlítva, amelyre az adott környezeti osztály esetén a fagyás/olvadás állóságot bebizonyították. *További információk a (11) bekezdésben.*"

MSZ 4798:2016 betonszabvány F mellékletének (11) bekezdése:

„A betonok fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-állóságát valamennyi XF és XF(H) környezeti osztályban az 5.5.5. szakasz szerint meg kell vizsgálni. A beton feleljen meg az 5.5.5. szakaszban foglalt követelményeknek."

Kausay

MSZ 4798:2016 NAD 6. táblázat: A beton fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálata a környezeti osztálytól függően

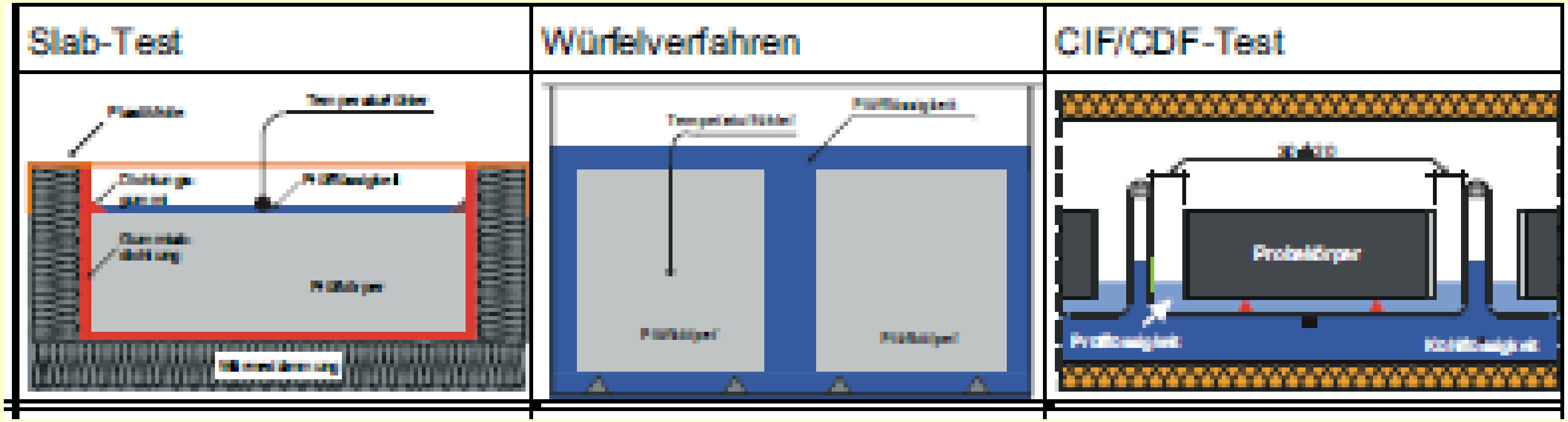
<table>
<tr><th>Fagyállóság vizsgálat</th><th>Fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat</th></tr>
<tr><td>XF1
A fagyállóság vizsgálata megegyezés esetén elhagyható, ha a beton az MSZ 4798:2016 szabvány F1. táblázata szerinti feltételeknek megfelel</td><td>—</td></tr>
<tr><td>XF3</td><td>XF2</td></tr>
<tr><td colspan="2">A beton feleljen meg a NAD 7. - NAD 9. táblázat valamelyike szerinti követelménynek. A vizsgálat megegyezés esetén elhagyható, ha a szilárd beton légbuborék szerkezete a NAD 10. táblázat szerinti követelményeknek megfelel.</td></tr>
<tr><td>XF3(H)</td><td>XF2(H)</td></tr>
<tr><td colspan="2">A beton feleljen meg a NAD 7. - NAD 9. táblázat valamelyike szerinti követelménynek.</td></tr>
</table>

MSZ 4798:2016 NAD 6. táblázat: A beton fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálata a környezeti osztálytól függően

Fagyállóság vizsgálat	Fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat
—	**XF4** A fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatot és a légbuborék szerkezet vizsgálatot is el kell végezni. A beton feleljen meg a NAD 7. - NAD 9. táblázat valamelyike szerinti fagy- és olvasztósó-állósági követelménynek. A légbuborék szerkezet elégítse ki a NAD 10. táblázat szerinti követelményeket
—	**XF4(H)** A fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatot és vízzáróság vizsgálatot is el kell végezni. A beton feleljen meg a NAD 7. - NAD 9. táblázat valamelyike szerinti fagy- és olvasztósó-állósági követelménynek. Az MSZ EN 12390-8:2009 szerint meghatározott legnagyobb vízbehatolás ne legyen több 20 mm-nél.

Az MSZ 4798:2016 szabvány a fagyállóság, illetve a fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatára az MSZ CEN/TS 12390-9:2007 szabvány szerinti három-három féle módszert ajánlja, amelyek közül az alkalmazandó módszert az érdekelt felek szabadon választhatják ki. A módszerek a következők:

- ***peremes hámlasztási felületvizsgálat;***
- ***bemerítéses kockavizsgálat;***
- ***kapilláris felszívásos hámlasztási CF (CIF), illetve CDF vizsgálat.***



Forrás: *Siebel, E.* et al.: Übertragbarkeit von Frost-Laborprüfungen auf Praxisverhältnisse. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Beuth. Berlin, 2005.

Tájékoztatás a fagyállóság vizsgálati szabvány érvényéről

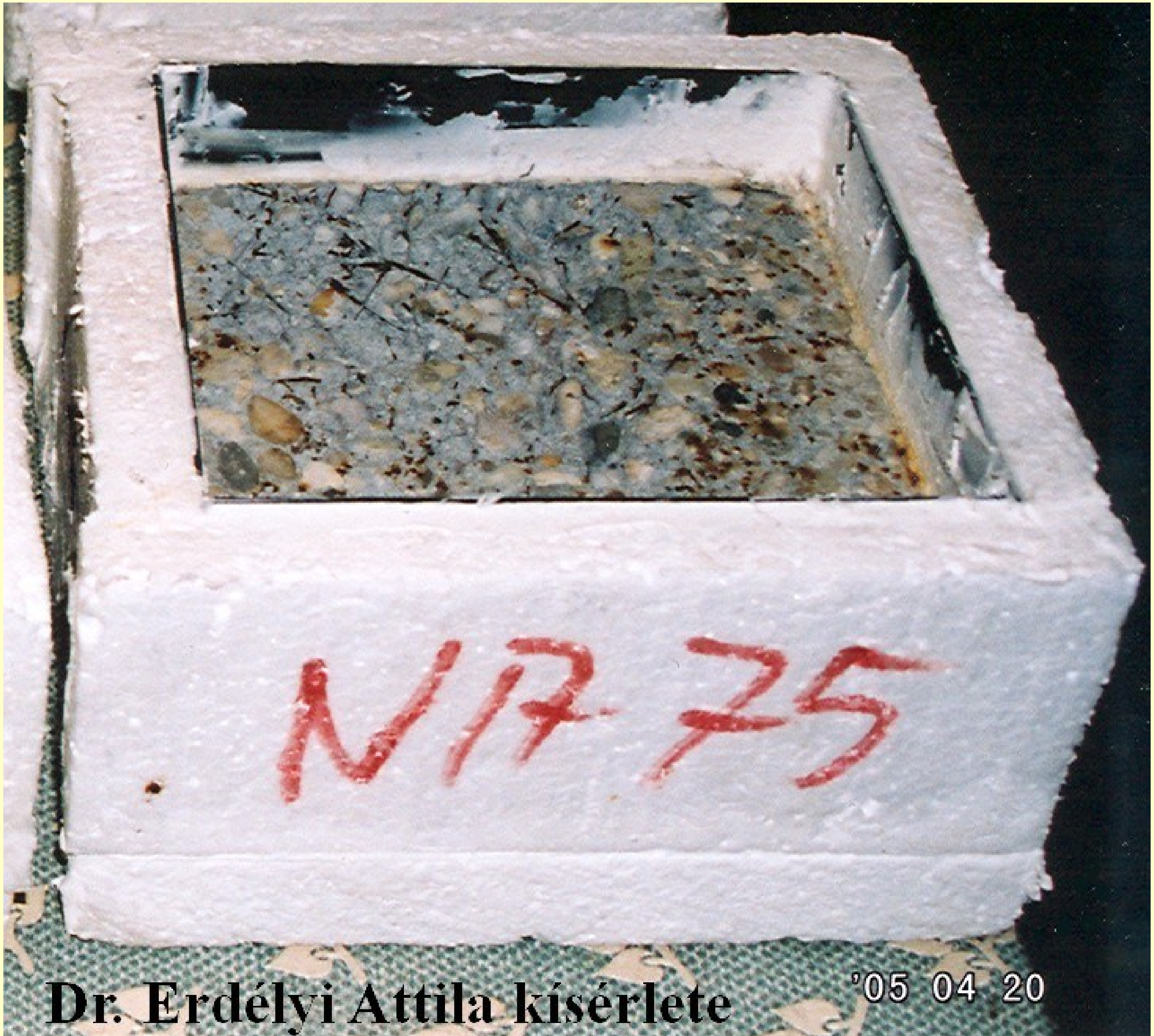
- A CEN a CEN/TS 12390-9:2006 szabványt (TS = Technical Specifications, azaz Európai Műszaki Követelmények) 2016-ban visszavonta, és CEN/TS 12390-9:2016 „Testing hardened concrete. Part 9: Freeze-thaw resistance with de-icing salts. Scaling” jelzettel módosított fagyállóság vizsgálati szabványt adott ki.
- Az új CEN/TS 12390-9:2016 szabványt a Magyar Szabványügyi Testület eddig (2017 áprilisáig) még nem honosította, de az MSZ CEN/TS 12390-9:2007 szabványt 2017. február 1-én visszavonta.
- Németországban az új CEN/TS 12390-9:2016 szabványt DIN CEN/TS 12390-9:2017-05 (D) „Prüfung von Festbeton. Teil 9: Frost- und Frost-Tausalz-Widerstand. Abwitterung. Deutsche Fassung CEN/TS 12390-9:2016” néven 2017 májusában fogják honosítani.

  A DIN CEN/TS 12390-9:2017-05 (D) szabvány *tartalomjegyzéke* itt:
  http://www.beuth.de/de/fachgebiete/bauwesen/fachdaten-einzelsicht/wdc-beuth:din21:271273411/toc-2649732/download
  előszava itt olvasható: http://www.beuth.de/de/technische-regel/din-cen-ts-12390-9/271273411

MSZ 4798:2016 NAD 7. táblázat: Fagyállóság, illetve fagy- és olvasztósó-állóság követelménye peremes hámlasztás esetén

	Fagyállóság vizsgálat	Fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat
Vizsgálat	Peremes hámlasztás	
Fagyasztóközeg	3 mm mély ionmentes víz	3 mm mély 3 %-os NaCl oldat
Megengedett legnagyobb tömegveszteség	XF1 esetén: átlag: 1500 g/m^2, egyedi: 2000 g/m^2	XF2 és XF2(H) esetén: átlag: 1500 g/m^2, egyedi: 2000 g/m^2
	XF3 és XF3(H) esetén: átlag: 1000 g/m^2, egyedi: 1350 g/m^2	XF4 és XF4(H) esetén: átlag: 1000 g/m^2, egyedi: 1350 g/m^2

Peremes fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálati próbatest



MSZ 4798:2016 NAD 8. táblázat: Fagyállóság, illetve fagy- és olvasztósó-állóság követelménye bemerítéses kockavizsgálat esetén

	Fagyállóság vizsgálat	Fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat
Vizsgálat	Bemerítéses kockavizsgálat	
Fagyasztó-közeg	A próbatestet (25±5) mm-rel ellepő ionmentes víz	A próbatestet (25±5) mm-rel ellepő 3%-os NaCl oldat
Megengedett legnagyobb tömeg-veszteség	XF1 esetén: átlag: 6,5 tömeg%, egyedi: 7,5 tömeg%	XF2 és XF2(H) esetén: átlag: 6,5 tömeg%, egyedi: 7,5 tömeg%
	XF3 és XF3(H) esetén: átlag: 4,0 tömeg%, egyedi: 5,0 tömeg%	XF4 és XF4(H) esetén: átlag: 4,0 tömeg% egyedi: 5,0 tömeg%

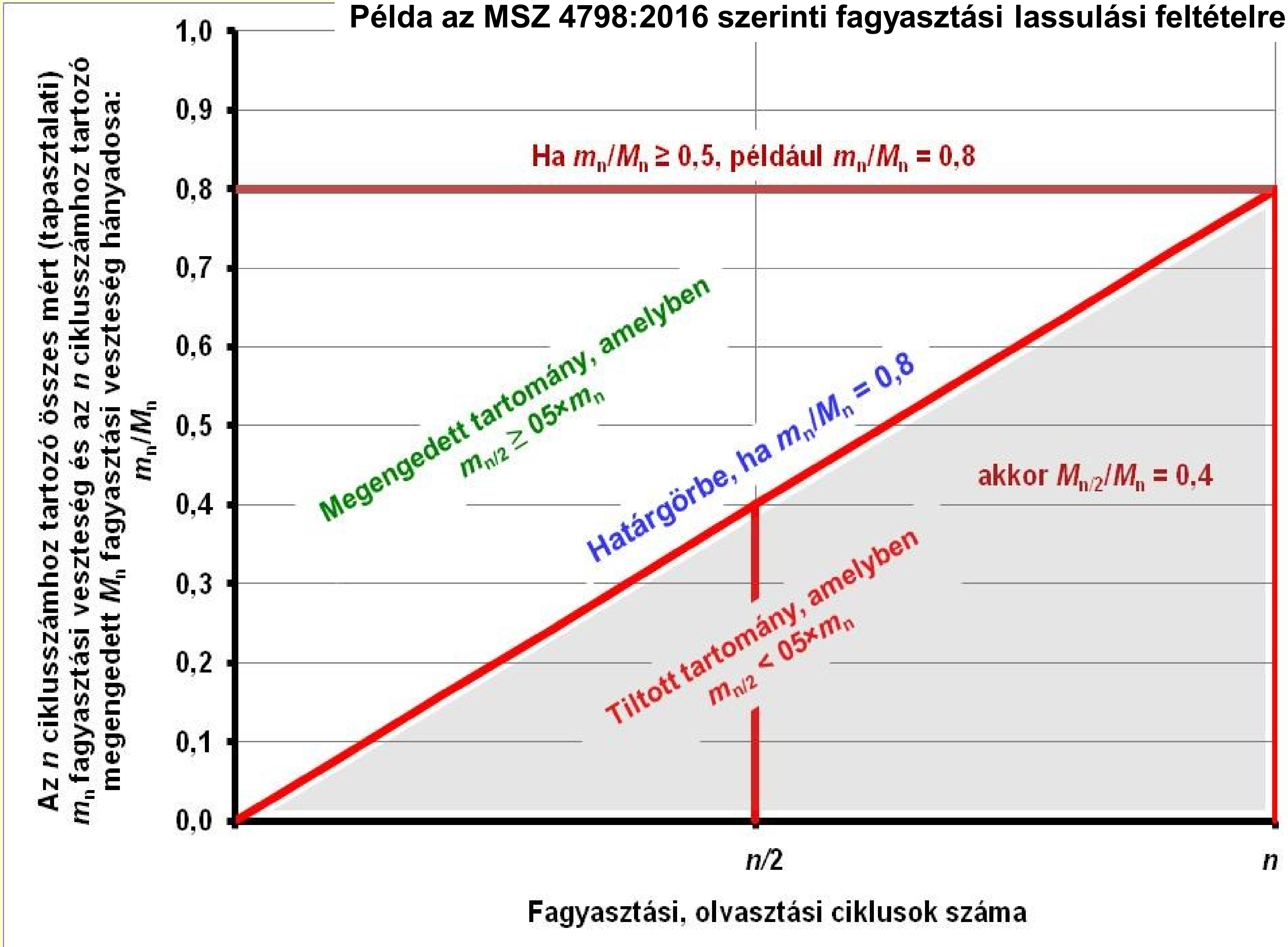
MSZ 4798:2016 NAD 9. táblázat: Fagyállóság, illetve fagy- és olvasztósó-állóság követelménye kapilláris felszívódásos hámlasztás esetén

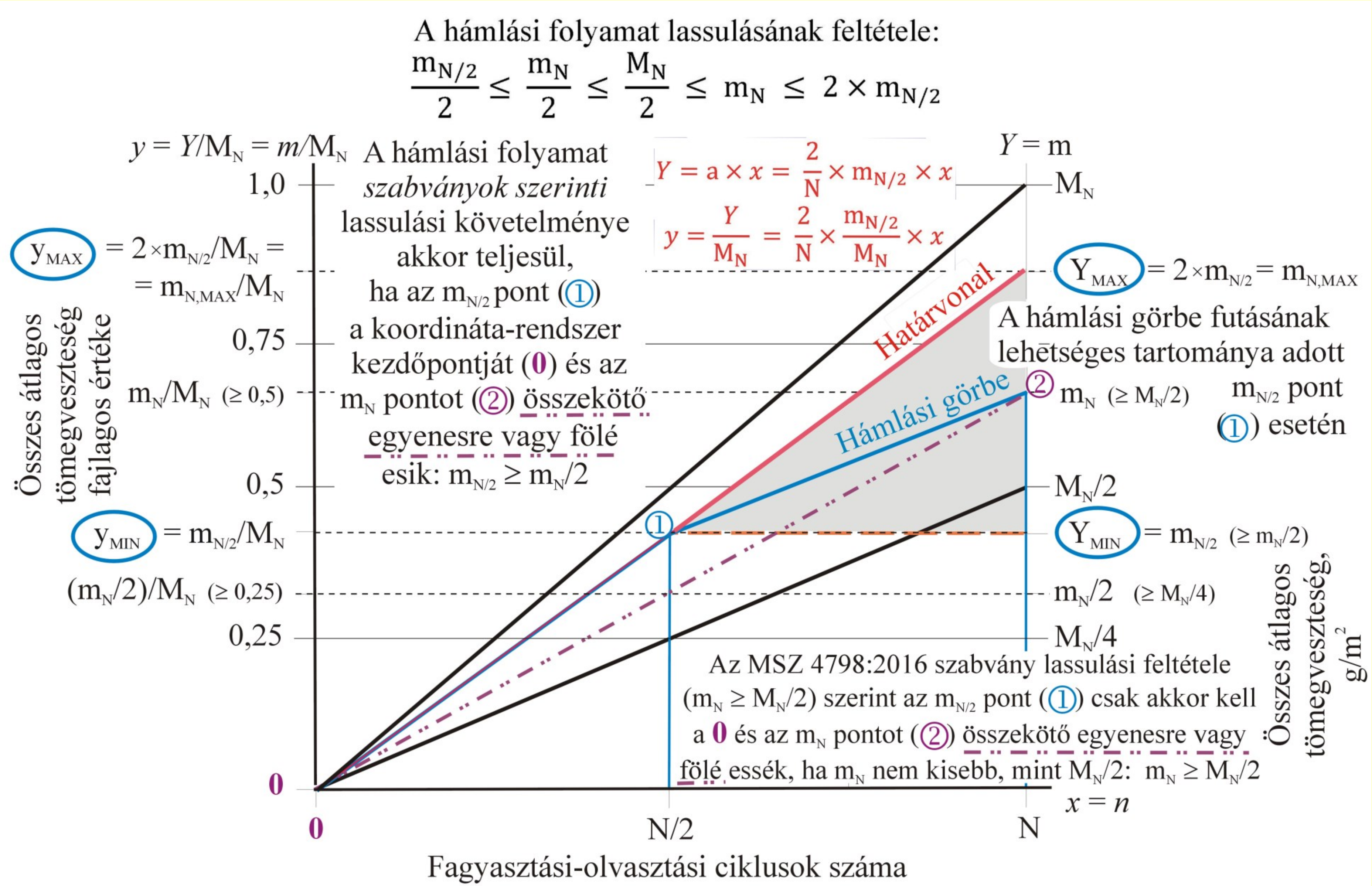
	Fagyállóság vizsgálat	Fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat
Vizsgálat	Kapilláris felszívásos hámlasztás	
	„CF” vizsgálat	„CDF” vizsgálat
Fagyasztóközeg	10 mm mély ionmentes víz	10 mm mély 3%-os NaCl oldat
Megengedett legnagyobb tömegveszteség	XF1 esetén: átlag: 1500 g/m^2, egyedi: 2000 g/m^2	XF2 és XF2(H) esetén: átlag: 1500 g/m^2, egyedi: 2000 g/m^2
	XF3 és XF3(H) esetén: átlag: 1000 g/m^2, egyedi: 1350 g/m^2	XF4 és XF4(H) esetén: átlag: 1000 g/m^2, egyedi: 1350 g/m^2

A peremes hámlasztási és a kapilláris felszívásos hámlasztási vizsgálat esetén (az MSZ EN 13877-2:2013 „Betonburkolatok. 2. rész: Betonburkolatok rendeltetésnek megfelelő követelményei” és SN EN 206-1/NE:2013 szabványt követve) ajánlott az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti fagyasztási lassulási feltétel betartása is: Ha az előírt *n* ciklusszám utáni összes mért (tapasztalati) fagyasztási veszteség (m_n) eléri az *n* ciklusszám után megengedett M_n fagyasztási veszteség felét vagy annál nagyobb ($m_n \geq M_n/2$), akkor a fagyasztási folyamat második felében ne legyen nagyobb a tömegveszteség, mint az első felében volt ($m_n - m_n/2 \leq m_n/2$.

Az m_n/M_n = 0,8 hányadoshoz tartozó határgörbe és megengedett fagyállósági görbe tartomány esetére a következő diakockán mutatunk be példát.

Példa az MSZ 4798:2016 szerinti fagyasztási lassulási feltételre





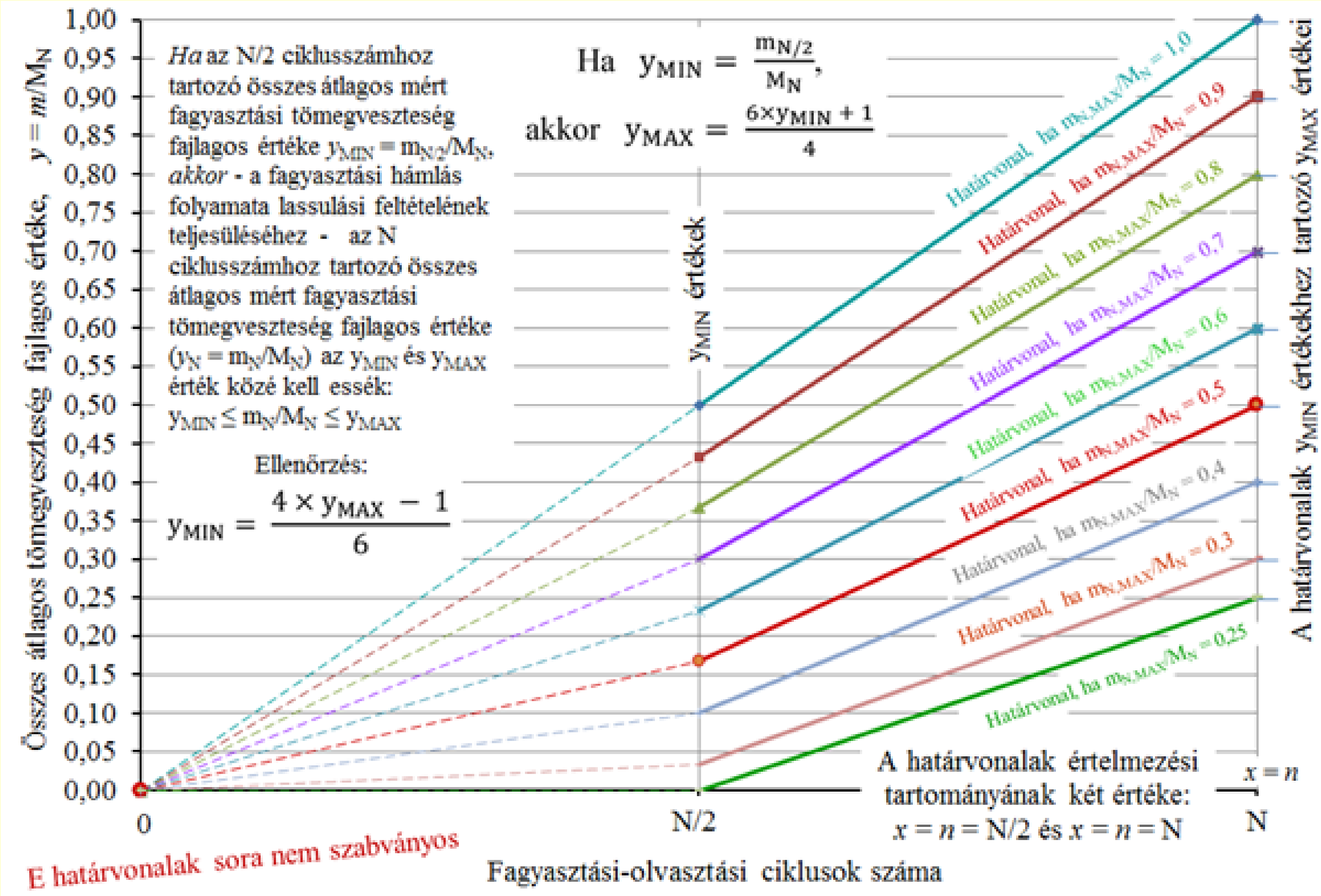
MSZ 4798:2016 betonszabvány szerinti fagyasztási hámlási lassulási feltétel (ajánlás) értelmezése

Az MSZ 4798:2016 szabvány szerinti fagyasztási lassulási feltétel – függetlenítve az előírt *n* ciklusszám utáni összes mért m_n fagyasztási veszteség és az *n* ciklusszám után megengedett M_n fagyasztási veszteség viszonyától – kiterjeszthető lenne a teljes fagyasztási folyamatra is.

Javasoljuk azonban, hogy ebben az esetben a lassulási feltétel határgörbéje a vizsgálat félidejéhez tartozó *n*/2 ciklusszámnál – az m_n/M_n hányados csökkenésével egyre jobban – törjön meg, ahogy az a következő diakockán lévő ábrán látszik. Ezzel közvetlenül a határgöbék felett elhelyezkedő kissé – az m_n/M_n hányados csökkenésével egyre jobban – gyorsuló fagyasztási görbéket is elfogadjuk.

A megengedett és a tiltott tartomány határgörbéjének ordinátája az *n*/2 helyen:

$$M_{n/2}/M_n = (4\times(m_n/M_n) - 1)/6$$



A fagyasztás hámlási folyamatának továbbfejlesztett lassulási határvonalai

A fagyállóság vizsgálat elvégzését folyamatábrákkal lehet megkönnyíteni:

1. ábra: Légbuborék nélküli, olvasztósó hatásának ki nem tett, ionmentes vízben fagyasztott, XF1 és XF3(H) környezeti osztályú beton fagyállóság vizsgálatának folyamatábrája

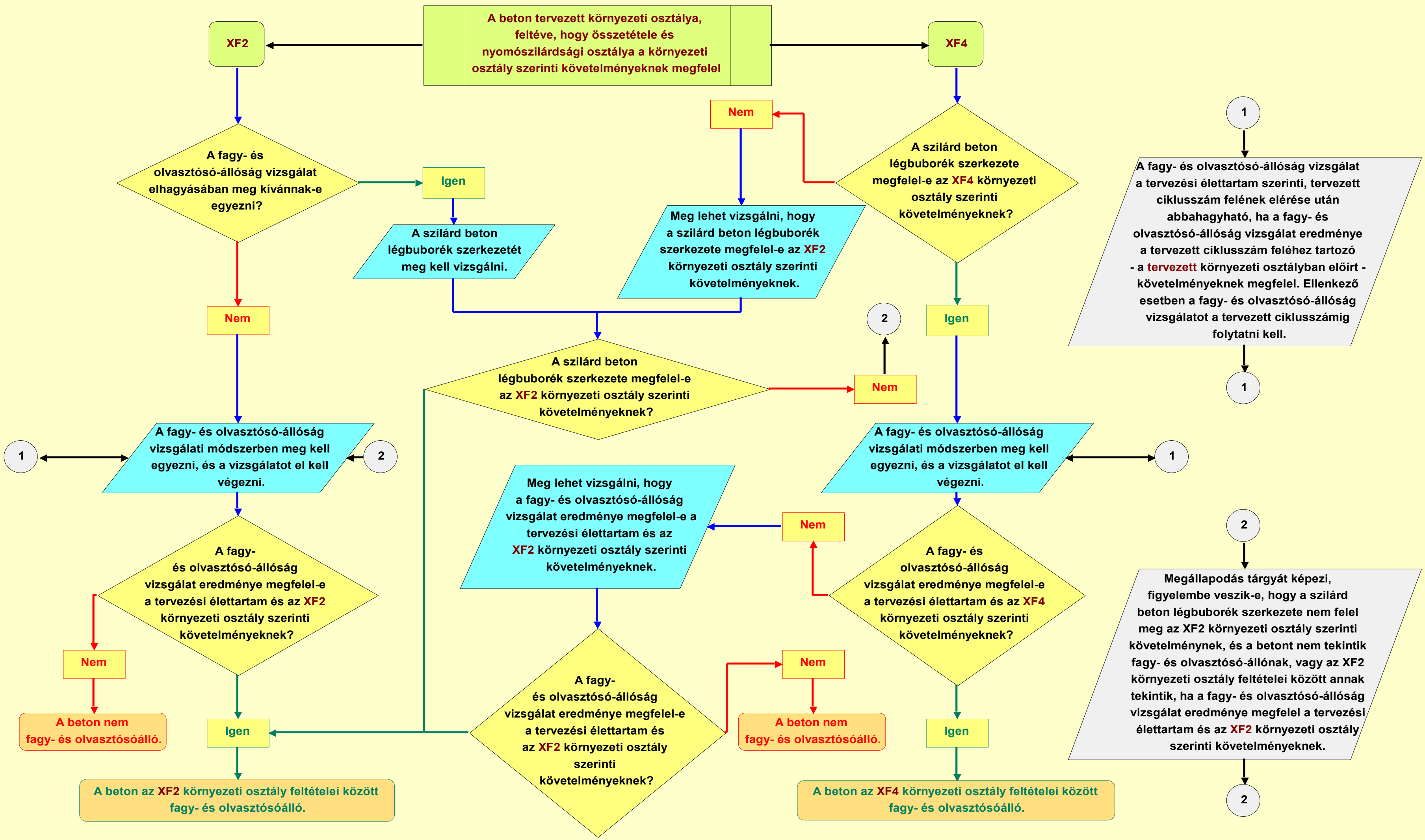
2. ábra: Légbuborékképző adalékszerrel készített, olvasztósó hatásának ki nem tett, ionmentes vízben fagyasztott, XF3 környezeti osztályú beton fagyállóság vizsgálatának folyamatábrája

3. ábra: Légbuborékképző adalékszerrel készített, olvasztósó hatásának kitett, 3%-os NaCl oldatban fagyasztott, XF2 és XF4 környezeti osztályú beton fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatának folyamatábrája

4. ábra: Légbuborék nélküli, olvasztósó hatásának kitett, 3%-os NaCl oldatban fagyasztott, XF2(H) és XF4(H) környezeti osztályú beton fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatának folyamatábrája

A négy fagyállósági folyamatábra nagyobb léptékben itt tekinthető meg: http://www.betonopus.hu/notesz/fagyallosagi-folyamatabra.pdf

A következő diakockán példaképpen a légbuborékképző adalékszerrel készített, olvasztósó hatásának kitett, 3%-os NaCl oldatban fagyasztott, XF2 és XF4 környezeti osztályú beton fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatának folyamatábrája látható (3. ábra).



3. ábra: Légbuborékképző adalékszerrel készített, olvasztósó hatásának kitett, 3%-os NaCl oldatban fagyasztott, XF2 és XF4 környezeti osztályú beton fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatának folyamatábrája

Friss falazat téli szétfagyása





Kémiai korrózió
2016.07.18

MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázat: Környezeti osztályok

6. Kémiai korrózió		
6.1. Természetes talaj és talajvíz, valamint egyéb természetes vizek okozta kémiai korrózió Amikor a beton ki van téve a természetes talajból és talajvízből, valamint egyéb természetes vizekből származó anyagok kémiai korróziójának, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:		
XA1	Enyhén agresszív kémiai környezet	Természetes talajnak és talajvíznek, valamint egyéb természetes víznek kitett beton a 2. táblázat szerint
XA2	Mérsékelten agresszív kémiai környezet	Természetes talajnak és talajvíznek , valamint egyéb természetes víznek kitett beton a 2. táblázat szerint
XA3	Nagymértékben agresszív kémiai környezet	Természetes talajnak és talajvíznek, valamint egyéb természetes víznek kitett beton 2. táblázat szerint

MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázat: Környezeti osztályok határértékei talajvíz és egyéb természetes vizek okozta kémiai korróziótól függően

Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	XA1	XA2	XA3
Talajvíz és egyéb természetes vizek				
SO_4^{2-}, mg/l Duzzadásos korrózió	MSZ EN 196-2	≥ 200 és ≤ 600	> 600 és ≤ 3000	>3000 és ≤ 6000
pH Oldódásos korrózió	ISO 4316 MSZ EN ISO 10523	≤ 6,5 és ≥ 5,5	< 5,5 és ≥ 4,5	< 4,5 és ≥ 4,0
agresszív CO_2, mg/l Oldódásos korrózió	MSZ EN 13577	≥ 15 és ≤ 40	> 40 és ≤ 100	> 100 telítettségig
NH^{4+}, mg/l Oldódásos korrózió	MSZ ISO 7150-1	≥ 15 és ≤ 30	> 30 és ≤ 60	> 60 és ≤ 100
Mg^{2+}, mg/l Oldódásos korrózió	MSZ EN ISO 7980	≥ 300 és ≤ 1000	> 1000 és ≤ 3000	> 3000 telítettségig
Kloridtartalmú talajvizek és egyéb természetes vizek esetén a betont a kloridtartalom szempontjából az XD2 környezeti osztályba kell sorolni.				

MSZ 4798:2016 szabvány 2. táblázat: Környezeti osztályok határértékei talaj okozta kémiai korróziótól függően

Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	XA1	XA2	XA3
Talaj				
SO_4^{2-} összes (SO_3-ban kifejezve), mg/kg Duzzadásos korrózió	MSZ EN 196-2	≥ 2000 és ≤ 3000	> 3000 és ≤ 12000	> 12000 és ≤ 24000
Savassági fok *Baumann-Gully* szerint, ml/kg Oldódásos korrózió	EN 16502	> 200	A gyakorlatban nem fordul elő	
A 10^{-5} m/s áteresztőképesség alatti agyagtalajokat alacsonyabb osztályba szabad sorolni.				

MSZ 4798.2016 F1. táblázat: Határértékek a beton összetételére és tulajdonságaira Alkalmazási terület	Környe-zeti osztály jele	Beton nyomó-szilárd-sági osztá-lya leg-alább	Beton cement-tartal-ma leg-alább kg/m^3	Beton víz-cement ténye-zője legfel-jebb	Friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázat szerinti érték legyen Ajánlott cementfajták
6.1. Talaj és talajvíz kémiai korróziójának ellenálló beton és vasbeton szerkezetek					
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, enyhén korrózióálló beton	XA1	C30/37	300	0,55	Bármely MSZ EN 197-1:2000 szerinti CEM II fajtájú kohósalak-portlandcement
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, mérsékelten korrózió- és szulfátálló beton	XA2	C30/37	320	0,50	MSZ 4737-1:2002 szerinti MS jelű mérsékelten szulfátálló vagy SR jelű szulfátálló portlandcement vagy MSZ EN 197-1:2000 szerinti CEM III/A 32,5 N kohósalakcement
Agresszív talajjal vagy talajvízzel érintkező, erősen korrózió- és szulfátálló beton	XA3	C35/45	360	0,45	MSZ 4737-1:2002 szerinti SR jelű szulfátálló portlandcement vagy CEM III fajtájú kohósalakcement, MSZ EN 197-1 és MSZ 4737-1 szabvány szerinti CEM III/B 32,5 N kohósalakcement

Környezeti osztály	Meghatározó agresszív hatóanyagok	Környezeti hatás következménye		Várhatóan a legjobb	Várhatóan jó	Esetleg még jó	Rossz
				megoldás a korrózióállság szempontjából			
XA1	Szulfátok	Beton	Duzzadás	CEM I-SR 0, CEM II/B-S-MSR, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-M(S-V)-MSR, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5, CEM II/A-S-MSR, CEM II/A-V-MSR, CEM III/A-MSR, CEM I + 30% V	CEM I + 20% V, CEM IV/B-SR	CEM I, ha nem SR, ill. kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR
XA1	Savak	Beton	Oldódás	CEM II/B-S + 5% Mk, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V + 5% Mk, CEM II/B-V + 11% D, CEM III/B	CEM II/A-S + 11% Mk, CEM II/A-S + 11% D, CEM II/A-V + 11% Mk, CEM II/A-V + 11% D, CEM III/A	CEM II/B-S, CEM II/B-V, CEM II/B-M(S-V)	CEM I; CEM II kiegészítőanyag nélkül; CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)
XA2	Szulfátok	Beton	Duzzadás	CEM I-SR 0, CEM III/B-SR	CEM I-SR 3, CEM II/B-S-MSR, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-M(S-V)-MSR	CEM I-SR 5, CEM II/A-S-MSR, CEM II/A-V-MSR, CEM III/A-MSR, CEM I + 30% V	CEM I, ha nem SR, ill. kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR
XA2	Savak	Beton	Oldódás	CEM III/B, CEM III/C	CEM II/B-S +5% Mk, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V + 5% Mk, CEM II/B-V + 11% D, CEM III/A	CEM II/A-S + 11% Mk, CEM II/A-S + 11% D, CEM II/A-V + 11% Mk, CEM II/A-V + 11% D	CEM I; CEM II kiegészítőanyag nélkül; CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)

Környezeti osztály	Meghatározó agresszív hatóanyagok	Környezeti hatás következménye		Várhatóan a legjobb	Várhatóan jó	Esetleg még jó	Rossz
				megoldás a korrózióállság szempontjából			
XA3	Szulfátok	Beton	duzzadás	CEM III/C-SR	CEM I-SR 0, CEM III/B-SR	CEM I-SR 3, CEM II/B-S-MSR, CEM II/B-V-MSR, CEM II/B-M(S-V)-MSR	CEM I, ha nem SR; CEM II, ha nem MSR
	Savak		oldódás	CEM III/C	CEM III/B	CEM II/B-S +5% Mk, CEM II/B-S + 11% D, CEM II/B-V + 5% Mk, CEM II/B-V + 11% D, CEM III/A	CEM I; CEM II kiegészítőanyag nélkül; CEM II-LL, CEM II-M (S-LL), CEM II-M (V-LL)

Ajánlás kötőanyagok alkalmazására

6.2. A szulfátálló, általános felhasználású cementek (SR-cementek) összetétele és jelölése

Az EN 197-1-nek megfelelő szulfátálló általános felhasználású cementek hét terméket tartalmazó családját a 2. táblázat tartalmazza.

Ezek a következő három fő cementfajtába csoportosíthatók:

Szulfátálló portlandcement:

- CEM I-SR 0 Szulfátálló portlandcement (a klinker C_3A tartalma = 0%),
- CEM I-SR 3 Szulfátálló portlandcement (a klinker C_3A tartalma $\leq$ 3%),
- CEM I-SR 5 Szulfátálló portlandcement (a klinker C_3A tartalma $\leq$ 5%).

Szulfátálló kohósalakcement:

- CEM III/B-SR Szulfátálló kohósalakcement (a klinker C_3A tartalmára nincs követelmény),
- CEM III/C-SR Szulfátálló kohósalakcement (a klinker C_3A tartalmára nincs követelmény).

Szulfátálló puccoláncement:

- CEM IV/A-SR Szulfátálló puccoláncement (a klinker C_3A tartalma $\leq$ 9%),
- CEM IV/B-SR Szulfátálló puccoláncement (a klinker C_3A tartalma $\leq$ 9%).

A szulfátálló általános felhasználású cementek családjának hét terméke az összetétele alapján feleljen meg a 2. táblázat előírásainak. A cementfajták jelölése feleljen meg a szabvány követelményeinek úgy, hogy a CEM I cementek esetében az SR 0, az SR 3, az SR 5, a CEM III és CEM IV cementek esetében pedig csak az „SR" kiegészítő jelöléseket kell hozzáfűzni.

MSZ 4798:2016 szabvány 1. táblázat: Környezeti osztályok

6.2. Egyéb agresszív vizek és folyadékok okozta kémiai korrózió Amikor a beton agresszív csapadékvízzel, agresszív kommunális vízzel, agresszív ipari és mezőgazdasági szennyvízzel, illetve egyéb agresszív folyadékkal, kondenzációs vízzel érintkezik, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:		
XA4(H)	Csapadékvíz, kommunális szennyvíz, illetve ezek gőze vagy permete éri a mérsékelten korrozió- és saválló betont	Esővíz tároló műtárgyak, kommunális csatornázási elemek, trágyalé tároló medencék a NAD 2. táblázat szerint
XA5(H)	Ipari és mezőgazdasági szennyvíz és egyéb agresszív folyadék, illetve ezek gőze vagy permete éri a közepesen korrózió- és saválló betont	Csatornázási elemek, szennyvíz ülepítő medencék, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók a NAD 2. táblázat szerint
XA6(H)	Nagyon agresszív ipari szennyvíz vagy folyadék, illetve ezek gőze vagy permete éri a fokozottan korrózióálló betont	Tisztítatlan ipari szennyvizekkel és kemikáliákkal érintkező betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel, állatetető vályúk és mezőgazdasági erjesztő silók a NAD 2. táblázat szerint

NAD 2. táblázat: Környezeti osztályok a csapadékvizek, kommunális, ipari és mezőgazdasági szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok, kondenzációs vizek kémiai korróziót okozó jellemző értékeitől függően

Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
pH érték Oldódásos korrózió Kénsav-korrózió esetén járulékos duzzadásos korrózió is	MSZ EN ISO 10523 MSZ EN 15933 MSZ 260-4 MSZ 1484-22	< 6,5 és ≥ 5,0	< 5,0 és ≥ 4,0	< 4,0 és ≥ 3,5
Vízkeménység Oldódásos korrózió	MSZ 448-21	3 – 7 nk° 0,54 – 1,25 (mmol/liter) lágy víz	0 – 3 nk° 0 – 0,54 (mmol/liter) nagyon lágy víz	
Biokémiai oxigénigény 5 napos, BOI_5, mg/l Oldódásos korrózió	MSZ EN 1899-1 MSZ EN 1899-2	5 – 200	200 – 1000	>1000
Dikromátos kémiai oxigénigény, KOI_k, mg/l Oldódásos korrózió	MSZ ISO 6060 *) MSZ 12750-21	8 – 350	350 – 1800	>1800

Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Vízben oldott (szabad) agresszív széndioxid (CO_2) mg/l Oldódásos korrózió	MSZ EN 13577 MSZ 448-23	15 – 40	40 – 100	>100
Magnéziumion (Mg^{2+}), mg/l Oldódásos korrózió	MSZ EN ISO 7980 MSZ 260-52 MSZ EN ISO 14911 MSZ 1484-3	100-1000	1000-2500	>2500
Ammóniumion (NH_4^+), mg/l Oldódásos korrózió	MSZ ISO 7150-1 MSZ 260-9 MSZ EN ISO 14911	15-30	30 – 60	>60
SO_4^{2-} -tartalom (SO_3-ban kifejezve), mg/l Oldódásos és duzzadásos korrózió	MSZ EN 196-2 MSZ EN ISO 10304-1	200-600	600 – 1500	>1500

Megjegyzések a NAD 2. táblázathoz

a) Az 5 napos biokémiai oxigénigényt (BOI5) csak abban az esetben kell meghatározni, ha a dikromátos kémiai oxigénigény (KOI_k) vizsgálati eredményének megbízhatóságával kapcsolatban kétségek merülnek fel. Ebben az esetben a biokémiai oxigénigény vizsgálat eredménye a mértékadó.

b) Trágyalé esetén a betont az ammónium-ion-tartalomtól (NH_4^+) függetlenül az XA4(H) kémiai korróziós környezeti osztályba szabad sorolni.

c) Oldódásos korróziót okozó oldatokban előforduló szulfát ionokra vonatkozik. A vizsgálati módszer az SO_4^{2-} sósavval való kivonását írja elő. Alternatívaként alkalmazható szennyvíziszapra vízzel való kivonás is, ha a beton felhasználásának helyén van erre tapasztalat.

d) *A NAD 2. táblázat akkor vonatkozik a csapadékvizekre, ha azok a betonnal tartósan érintkeznek.*

MSZ 4798:2016 NAD F1. táblázat: Határértékek a beton összetételére	Környezeti osztályok Egyéb agresszív vizek és folyadékok (pl. kommunális, ipari és mezőgazdasági szennyvizek, csapadékvizek, kondenzációs vizek) kémiai korróziós hatása j)p)		
Környezeti osztály jele	XA4(H) k)	XA5(H) l)	XA6(H) m)
Legnagyobb v/c	Kiegészítőanyag adagolása esetén a legnagyobb víz/kötőanyag tényező		
	0,48	0,44	0,40
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C30/35	C35/45	C40/50
Legkisebb cementtartalom , kg/m^3	320, de legfeljebb 350		
Friss beton levegőtartalma, térfogat%	Friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázat szerinti érték legyen		
Egyéb követelmények	Vízbehatolás legnagyobb mélysége az 5.5.3. szakasz szerint meghatározva, legfeljebb, mm		
	50	35	20
	Az adalékanyag szemmegoszlása (M melléklet) célszerűen az 5.5.3. szakasz szerinti		

Kör-nyezeti osztály	Megha-tározó agresz-szív ható-anyagok	Környe-zeti hatás következ-ménye	Várhatóan a legjobb	Várhatóan jó	Esetleg még jó	Rossz
			megoldás a korrózióállság szempontjából			
XA4(H)	Szulfátok és savak	Beton duzza-dás és oldó-dás	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D, CEM II/B-S-MSR + 5% Mk, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-V-MSR + 5% Mk, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR	CEM I-SR 5 + 18% Mk, CEM I-SR 5 + 11% D, CEM II/A-S-MSR + 11% Mk, CEM II/A-S-MSR + 11% D, CEM II/A-V-MSR + 11% Mk, CEM II/A-V-MSR + 11% D, CEM III/A-MSR	CEM I-SR 5 + 20% V, CEM IV/B-SR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR és kiegészítőanyag nélkül
XA5(H)			CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D és mindegyikre megfelelő felületi bevonat	CEM I-SR 3 + 18% Mk, CEM I-SR 3 + 11% D, CEM II/B-S-MSR + 5% Mk, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-V-MSR + 5% Mk, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR és mindegyikre megfelelő felületi bevonat	CEM I-SR 5 + 18% Mk, CEM I-SR 5 + 11% D, CEM II/A-S-MSR + 11% Mk, CEM II/A-S-MSR + 11% D, CEM II/A-V-MSR + 11% Mk, CEM II/A-V-MSR + 11% D, CEM III/A-MSR	CEM I, ha nem SR és kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR és kiegészítőanyag nélkül

Ajánlás kötőanyagok alkalmazására

Kör-nyezeti osztály	Megha-tározó agresz-szív ható-anyagok	Környezeti hatás következ-ménye		Várhatóan a legjobb	Várhatóan jó	Esetleg még jó	Rossz
				megoldás a korrózióállság szempontjából			
XA5(H)	Savak	Beton	Oldó-dás	CEM III/C és megfelelő felületi bevonat	CEM III/B és megfelelő felületi bevonat	CEM III/B	CEM I, CEM II, CEM III/A
XA6(H)	Szulfátok és savak	Beton	Duzza-dás és oldó-dás	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D és mindegyikre megfelelő felületi bevonat	CEM I-SR 0 + 18% Mk, CEM I-SR 0 + 11% D és mindegyikre megfelelő felületi bevonat	CEM I-SR 3 + 18% Mk, CEM I-SR 3 + 11% D, CEM II/B-S-MSR + 5% Mk, CEM II/B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-V-MSR + 5% Mk, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR és mindegyikre megfelelő felületi bevonat	CEM I, ha nem SR 0 és kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR és kiegészítőanyag nélkül

Ajánlás kötőanyagok alkalmazására

Környezeti osztály	Meghatározó agresszív hatóanyagok	Környezeti hatás következménye		Várhatóan a legjobb	Várhatóan jó	Esetleg még jó	Rossz
				megoldás a korrózióállóság szempontjából			
XA5(H)	Savak	Betc	Oldódás	CEM III/C és megfelelő felületi bevonat	CEM III/B és megfelelő felületi bevonat	CEM III/B	M II, A
XA6(H	Szulfáto		D	CEM I ... felületi bevonat	...indegyikre megfelelő felületi bevonat	...B-S-MSR + 11% D, CEM II/B-V-MSR + 5% Mk, CEM II/B-V-MSR + 11% D, CEM III/B-SR és mindegyikre megfelelő felületi bevonat	CEM I, ha nem SR 0 és kiegészítőanyag nélkül; CEM II, ha nem MSR és kiegészítőanyag nélkül

Az ÖNORM B 5017:2000 szabvány szerint a közműépítési beton esetén oldódásos betonkorróziót okoz a talajvíz ≤ 6,5 pH érték, ≥ 15 mg/liter CO_2-tartalom, ≥ 15 mg/liter NH_4^+-tartalom, ≥ 300 mg/liter Mg^{2+}-tartalom és °dH = 0-3 közötti keménység (azaz lágyvíz) esetén, a talaj > 200 mliter/kg savasság esetén (a határértékek lényegében megegyeznek az MSZ EN 206-1:2013+A1:2017 szabvány 2. táblázata szerinti, az XA1 környezeti osztályra vonatkozó értékekkel, a talajvíz keménysége csak az osztrák XA1L környezeti osztály jellemzője).

Az ÖNORM B 5017:2000 osztrák szabványban a szennyvizek megengedett CO_2-tartalma a talajvizekre előírt értéknél kisebb. A szennyvíz és a tisztításából eredő CO_2-tartalma együttes mennyisége az XA2L környezeti osztályban legfeljebb 60 mg/liter, az XA3L környezeti osztályban legfeljebb 100 mg/liter lehet.

Az ÖNORM B 5017:2000 szabvány szerint a közműépítési beton esetén duzzadásos (szulfát-) betonkorróziót okoz a talajvíz ≥ 200 mg/liter SO_4^{2-}-tartalom esetén, és a talaj 2000 mg/kg összes SO_4^{2-}-tartalom esetén (a határértékek megegyeznek az MSZ EN 206:2013+A1:2017 szabvány 2. táblázata szerinti, az XA1 környezeti osztályra vonatkozó értékekkel).

A savak vagy lágy víz okozta *oldódásos korrózió*

Oldódásos betonkorrózióról beszélünk, ha a szilárd betont kívülről folyamatosan savak, illetve savas vizek (például szénsavas gyógyvizek, ún. savanyúvizek) érik, amelyek pH értéke kicsi. A savak hatására a cementkő és a finomszemű karbonátos adalékanyag egy része kioldódik.

A cement bázikus anyag, ezért a különböző cementek majdnem minden összetevője savban oldható, így a cementkövet a szerves és szervetlen savak általában megtámadják. A cementkő bonyolult meszes fázisait a savak vízoldható fázisokká alakítják, amelyek vizes és atmoszférikus hatásokra lebomlanak, oldódnak.

Az esővíz és a lágy víz is képes a cementkő vízoldható összetevőit (szabad kalcium-hidroxid) lassan oldani. Ilyenkor az adalékanyag szemek között a felületen a cementkő egyre inkább korrodálódik, sőt a porózus mészkő vagy dolomit szemek maguk is oldódhatnak.

Esővíz hatására a szabadban lévő beton felülete tíz évente általában 1 mm mélyen oldódik.

A lágy víz kilúgozó hatására a betonban lévő szabad kalcium-hidroxid kioldódása a cementkő többi alkotórészének is a felbomlásához vezethet, amelynek következtében a beton elveszti szilárdságát és szétesik.



Beton szennyvízcsatornák esetén az **oldódásos betonkorróziót** okozó savak hatására már néhány év alatt jelentős károk keletkezhetnek. Ezt különösen nagyon lassú folyási sebesség és nem megfelelő levegőztetés esetén lehet tapasztalni, mert az eltávozó kén-hidrogén (H_2S) és szerves poliszulfidok (például: $(CH_3)2S$, CH_3SSCH_3) kénsavvá oxidálódnak.

Szennyvíz ülepítő vasbeton medence

A szennyvíz tele van kén vegyületekkel (ettől büdös). A vasbeton medencék, csatornák szennyvíz feletti belső felületén bacilusok tenyésznek.

A bacilusok a szennyvízben lévő kén vegyületek elégetésével tartják fenn szervezetüket, és eközben kén-dioxidot (kénsavat) termelnek. A bacilusok által termelt kénsav szétmarja a medencék és csatornák szennyvíz feletti betonfalát.

Duzzadásos korróziót okozó szulfátion-tartalom beton károsító hatása

Duzzadásos betonkorróziót **elsősorban a gipszet vagy más szulfátot tartalmazó vizek, gázok okoznak, amelyek a szilárd betonba hatolva a cementkövet megtámadják, ami új ásványok (kalcium-szulfoaluminát-hidrátok) – mint a *másodlagos ettringit* ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$) vagy a *taumazit* ($CaSiO_3 \cdot CaCO_3 \cdot CaSO_4 \cdot 15H_2O$) – képződéséhez vezet.**

Duzzadásos korróziónak kitett betonokat a szulfátion (SO_4^{2-}) tartalom alapján kell környezeti osztályba sorolni.

Szulfátos talajvíz hatására a szilárd cementkő monoszulfát összetevőjéből (egyik trikalcium-aluminát-hidrát fázis) másodlagos ettringit képződés indul el. A másodlagos ettringit kristályosodása során a térfogatát mintegy 2,5-szeresére növeli, és ezeknek a kristályoknak a jelentős duzzadása a betont szétrepeszti. Ezeket a tűkristályokat cementbacilus-nak is nevezik.

Összegezve: A betonra káros vegyi hatások különbözősége nem engedi meg, hogy általában a kemikáliáknak ellenálló betonról beszéljünk. Minden egyes esetben tisztázni kell, hogy a betonra várhatóan milyen agresszív anyagok fognak hatni, és ennek megfelelően kell a beton összetételét megtervezni és a betont összeállítani.

Ez mindenféle betonkorrózióra igaz, hangsúlyozva, hogy a például a CEM II/A-L és a CEM II/B-L típusú mészkőliszt-portlandcementet az XA1L, XA2L és XA3L oldódásos korrózió (Lösender Angriff) környezeti osztályában szabad, de az XA1T, XA2T és XA3T duzzadásos szulfátkorróziós (Treibender Angriff) környezeti osztályban nem szabad használni (ÖNORM B 4710-1:2007 osztrák szabvány).

Az XA4(H) környezeti osztályban CEM I-SR vagy CEM II/A-S vagy CEM II/A-MSR portlandcement alkalmazása ajánlott, mindegyik metakaolin vagy szilikapor kiegészítőanyaggal, vagy CEM III/A-MSR vagy CEM III/B-SR kohósalakcement alkalmazása ajánlott, a kohósalakcementek kiegészítőanyag nélkül.

f) Az XA5(H) környezeti osztályban CEM I-SR 3 vagy CEM I-SR 0 portlandcement vagy alkalmazása ajánlott, mindegyik metakaolin vagy szilikapor kiegészítőanyaggal, vagy CEM III/B-SR vagy CEM III/C-SR kohósalakcement alkalmazása ajánlott, a kohósalakcementek kiegészítőanyag nélkül.

g) Az XA6(H) környezeti osztályban CEM I-SR 0 portlandcement alkalmazása ajánlott metakaolin vagy szilikapor kiegészítőanyaggal, vagy CEM III/C-SR kohósalakcement alkalmazása ajánlott kiegészítőanyag nélkül.

Metakaolin alkalmassága

Az A típusú metakaolin feleljen meg az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 5.1. táblázata követelményeinek.

Az A típusú metakaolin megengedett adagolása betonba:

CEM I fajtájú portlandcement esetén: metakaolin-tartalom/kötőanyag-tartalom ≤ 0,15, amely határérték 0,15/0,85 = 0,18 metakaolin tartalom)/cement- tartalom határértéknek felel meg;

CEM II fajtájú portlandcement esetén, metakaolin-tartalom/kötőanyag-tartalom ≤ 0,10, amely határérték 0,1/0,9 = 0,11 metakaolin-tartalom/cement-tartalom határértéknek felel meg.

Metakaolint a CEM II/A-D fajtájú szilikapor-portlandcementhez, a CEM II/A-Q fajtájú kalcinált puccolán-portlandcementhez, a CEM II/A-M fajtájú kompozit-portlandcementhez, a mérsékelten szulfátálló CEM II/A-D-MSR fajtájú szilikapor-portlandcementhez és a mérsékelten szulfátálló CEM II/A-M-MSR fajtájú kompozit-portlandcementhez nem szabad keverni.

NAD. 5.1. táblázat: Követelmények a betonba adagolható a típusú metakaolinra

Összetevő	Vizsgálat	Követelmény
$(SiO_2 + Al_2O_3)$ tartalom, tömeg%	MSZ EN 196-2	> 90
Cl^- iontartalom, tömeg%	MSZ EN 480-10	< 0,1
SO_3^{2-} iontartalom, tömeg%	MSZ EN 196-2	< 1,0
Szabad CaO tartalom, tömeg%	MSZ EN 451-1	< 1,0
Na_2O egyenérték	MSZ EN 196-2	Meg kell adni
MgO tartalom, tömeg%	MSZ EN 12485 MSZ 12736-8	< 4,0
Izzítási veszteség, tömeg%	MSZ EN 196-2	< 4,0
Metilénkék-érték, g/kg	MSZ EN 933-9	< 10
Aktivitási index, %	Lásd a következő diát	110
Összes, metakaolin által megkötött kalcium-hidroxid	Lásd	> 700 (mg kalcium-hidroxid)/(g metakaolin)
0,063 mm nyílású szitán áthullott anyag mennyisége, tömeg%	MSZ EN 933-1	≥ 90
Vízigény hányados	Lásd a következő diát	> 1,15

a) Az aktivitási index a CEM I 42,5 jelű portlandcement és a megengedett adagolású metakaolin keverékével az MSZ EN 196-1 szabvány szerint készített 40×40×160 mm méretű habarcs próbahasábokon és az ugyan ilyen méretű, kizárólag CEM I 42,5 jelű portlandcementtel ugyancsak az MSZ EN 196-1 szabvány szerint készített etalon-habarcs próbahasábokon, 28 napos korban az MSZ EN 196-1 szabvány szerint mért átlagos nyomószilárdságok hányadosa.

b) A metakaolin által megkötött kalcium-hidroxidot az NF P 18-513 szabvány A. függeléke szerint kell vizsgálni.

c) A vízigény hányadoson az MSZ EN 196-3 szabvány szerinti szabványos folyósságú kötőanyagpép és cementpép víztartalmának hányadosát kell érteni, amelyet 85 tömeg% cement + 15 tömeg% metakaolin összetételű kötőanyag-keveréken, és 100 tömeg%-ban cementtartalmú kötőanyagon kell meghatározni.

A *k*-érték elve az NF P 18513 szabvány szerinti A típusú szerinti metakaolinra

Az NF P 18513 szabvány szerinti A típusú metakaolint a víz-kötőanyag tényezőben és a kötőanyag-tartalomban k = 1,0 értékkel szabad figyelembe venni.

KOPÁSÁLLÓSÁG

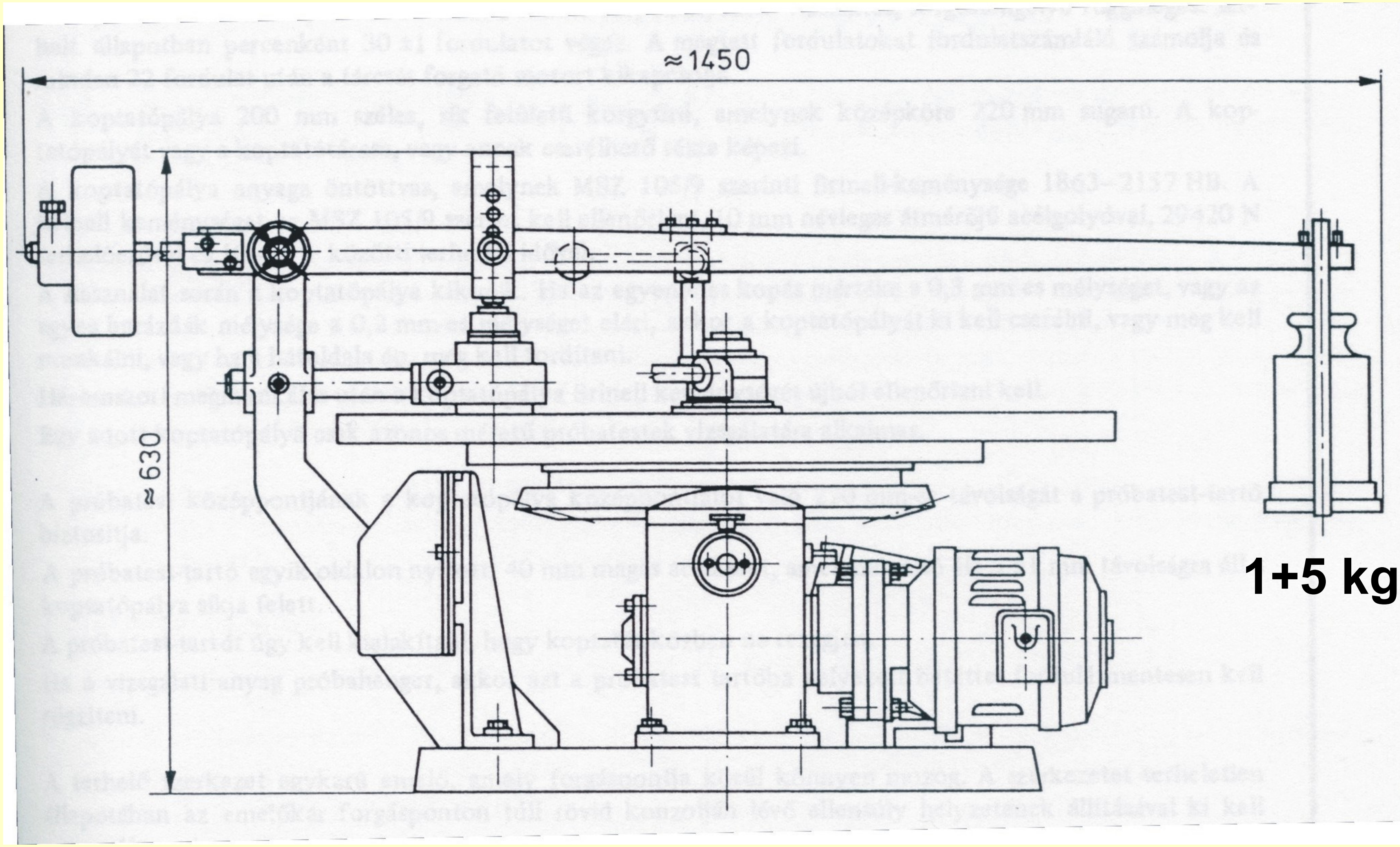


MSZ 4798:2016 1. táblázat: 7. Koptató hatás okozta korrózió Amikor a beton csiszoló, csúszó, gördülő, súrlódó igénybevétel, ütés vagy vízáramlás alatt mozgatott gördülő hordalék koptató hatása éri, akkor az ezekből származó igénybevételt a következők szerint kell osztályozni:		
XK1(H)	Könnyű szemcsés anyagok koptató igénybevétele. Gyalogos forgalom, fúvott kerekes járművek koptató igénybevétele	Könnyű adalékanyagok, termények stb. tárolására alkalmas silók, bunkerek, tartályok; járdák, lépcsők, garázspadozatok.
XK2(H)	Gördülő igénybevétel okozta koptató hatás nehéz terhek alatt, tömör gumi kerekes járművek.	Betonút, görgetett hordalékkal érintkező betonfelületek, villástargonca forgalom.
XK3(H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, acél kerekes targonca forgalom.	Repülőtéri le- és felszálló pályák, valamint gurulóutak, nehézipari szerelőcsarnokok, konténerátrakó állomások.
XK4(H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, nagy felületi pontosság és pormentesség igénye esetén.	Nehéz terheknek, hernyótalpas járműnek kitett térburkolatok, csarnokok és raktárak betonja. Kemény felületű, pormentes ipari padlóburkolatok. KÉREGERŐSÍTÉS NÉLKÜL

MSZ 4798:2016 NAD F1. táblázat: Határértékek a beton összetételére	Környezeti osztályok Igénybevétel koptatás hatására			
Környezeti osztály jele	XK1(H)	XK2(H)	XK3(H)	XK4(H)
Legnagyobb v/c	0,50	0,45	0,40	0,38
Legkisebb nyomó-szilárdsági osztály	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	310	330	350	370
4 mm feletti adalékanyag	*Kavics Zúzottkő*	*Kavics Zúzottkő*	*Zúzottkő*	*Zúzottkő*
Friss beton levegőtartalma, térfogat%	Friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázat szerinti érték legyen			
Böhme-féle koptatás	Kopási térfogatveszteség , legfeljebb, cm^3			
Száraz/Vizes koptatás	14/21	12/18	10/16	8/14

A Böhme-féle kopásállóság vizsgálat elve:

A 294,3 N erővel [(6 kg teher)·(5-szörös áttétel) = 30 kp] terhelt próbatestet percenként 30 fordulatot végző öntöttvas korongon, 487 m hosszú úton, legalább 95 tömeg% alumíniumoxid tartalmú, (~0,12-0,15 mm szemnagyságú) korund porral kell koptatni szárazon vagy vizesen. A tárcsa körülfordulásainak száma (16 periódus)× ×(22 fordulat) = 352 körülfordulás. A koptatópor mennyisége 20±0,1 g/periódus. A kopás mértékét térfogatveszteségben kell kifejezni.

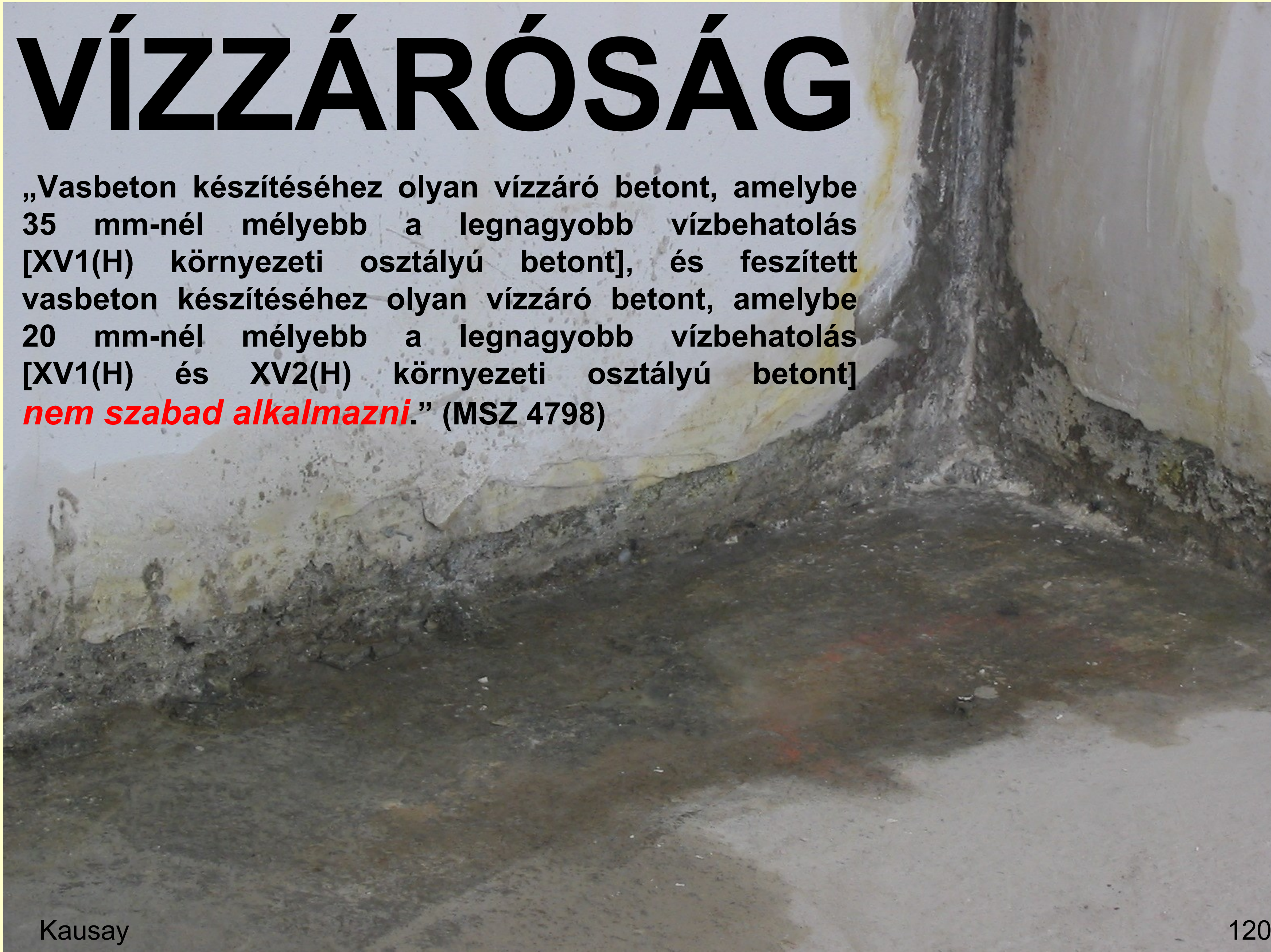


1+5 kg

MSZ 18290-1:1981 szerinti *Böhme*-féle koptatógép



MSZ 18290-1:1981 szerinti
***Böhme*-féle koptatógép**



VÍZZÁRÓSÁG

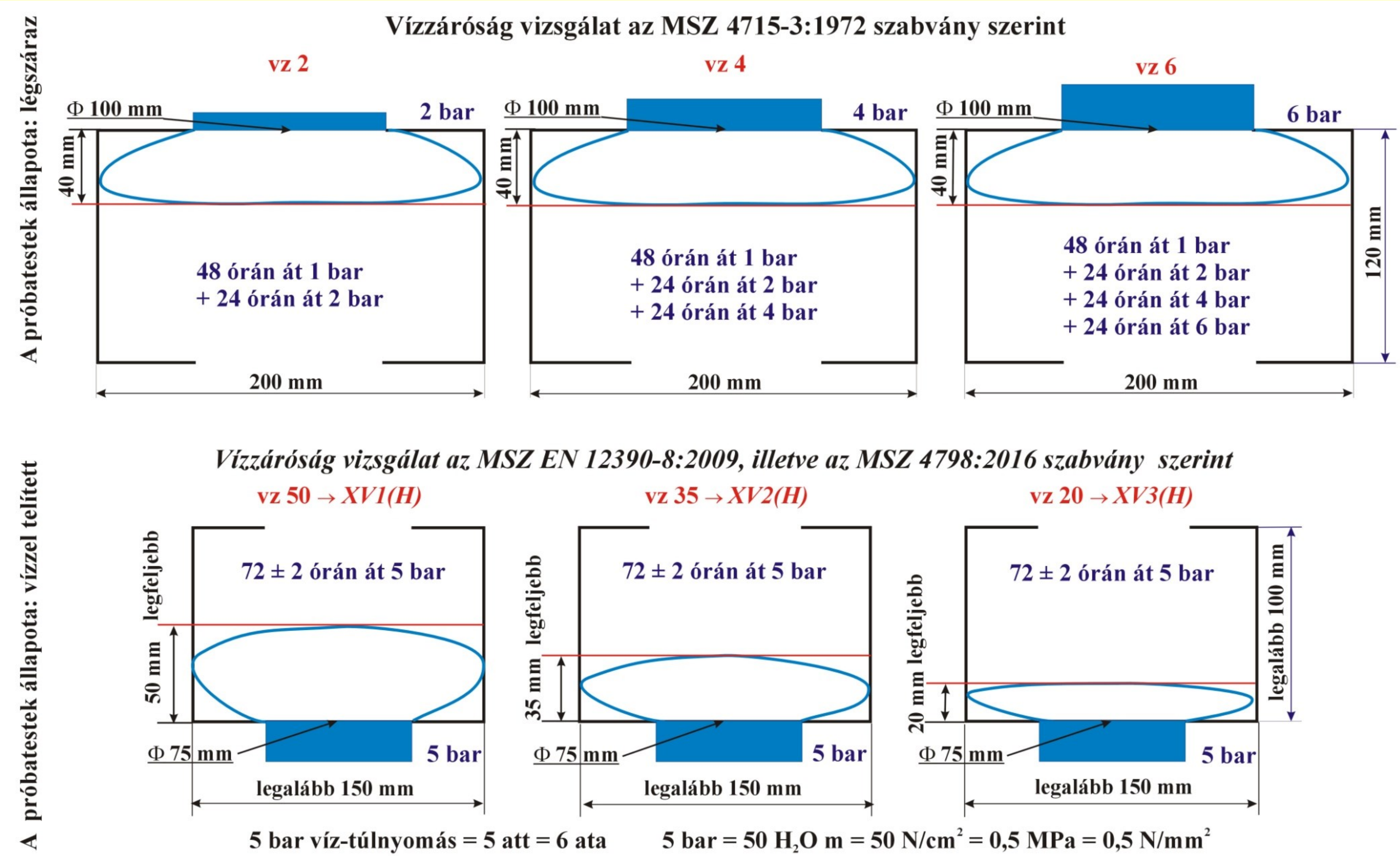
„Vasbeton készítéséhez olyan vízzáró betont, amelybe 35 mm-nél mélyebb a legnagyobb vízbehatolás [XV1(H) környezeti osztályú betont], és feszített vasbeton készítéséhez olyan vízzáró betont, amelybe 20 mm-nél mélyebb a legnagyobb vízbehatolás [XV1(H) és XV2(H) környezeti osztályú betont] *nem szabad alkalmazni*." (MSZ 4798)

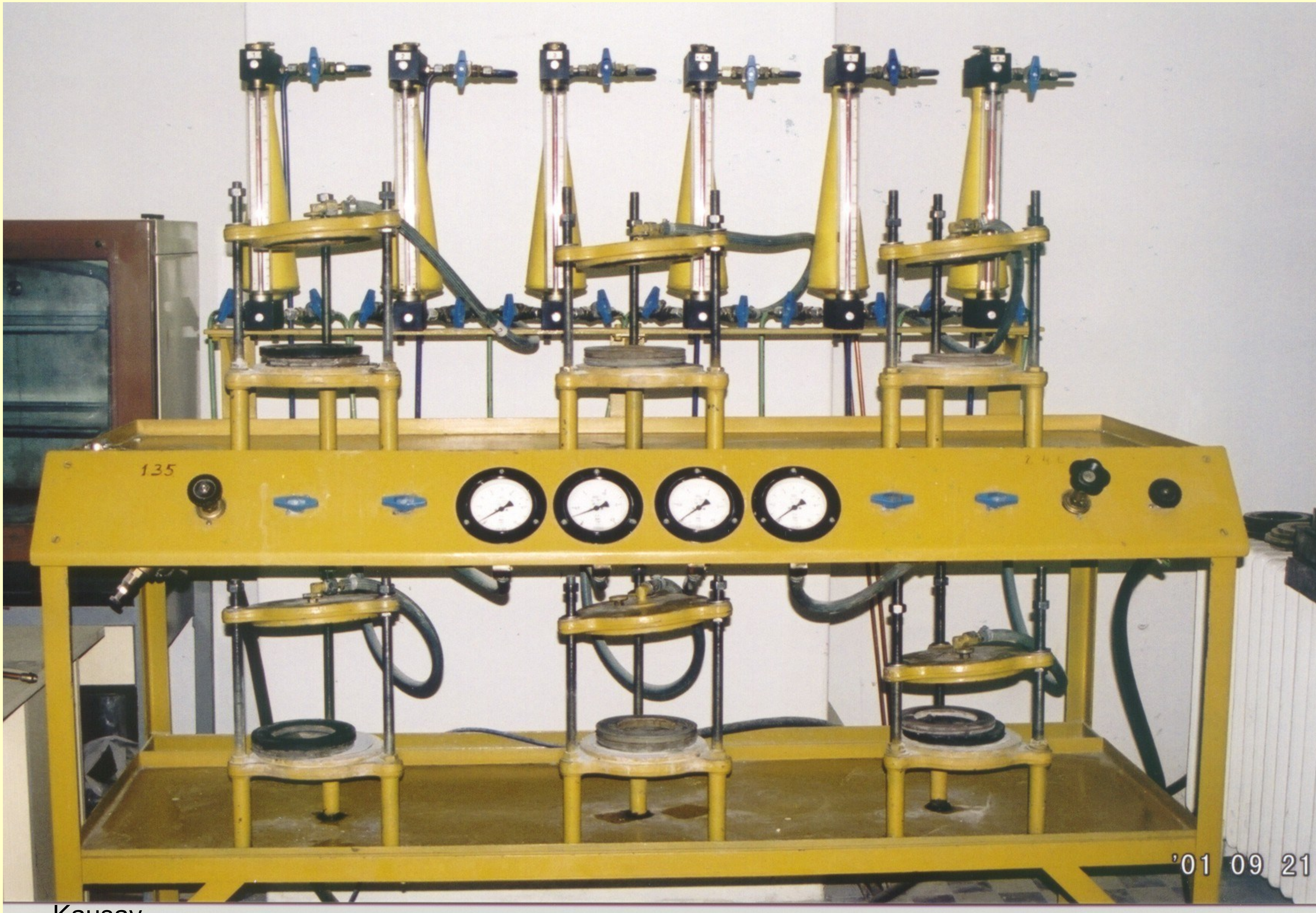
MSZ 4798:2016 1. táblázat: 8. Igénybevétel víznyomás hatására Amikor a betont víznyomás éri, akkor az igénybevételt a következők szerint kell osztályozni:		
XV1(H)	Kis víznyomásnak kitett, (vz50 jelű) vízzáró beton, amely általában megfelel az állandóan legfeljebb 2 méter magas (0,02 N/mm^2 = 0,2 bar) víznyomás hatásának kitett helyen	Pincefal, csatorna, legfeljebb 2 m magas víztároló medence, áteresz, csapadékcsatorna, záportározó, esővízgyűjtő akna
XV2(H)	Fokozott víznyomásnak kitett, (vz35 jelű) közepesen vízzáró beton, amely általában megfelel az állandóan legfeljebb 10 méter magas (0,1 N/mm^2 = 1,0 bar) víznyomás hatásának kitett helyen	Vízépítési szerkezetek, gátak, partfalak, legfeljebb 10 magas víztároló medence, föld alatti garázsok, aluljárók külső határoló szerkezetei, külön szigetelőréteg nélkül.
XV3(H)	Nagy víznyomásnak kitett, (vz20 jelű) igen vízzáró beton, amely általában megfelel az állandóan legalább 10 méter magas (0,1 N/mm^2 = 1,0 bar) víznyomás hatásának kitett helyen	Vasbeton mélygarázsok, alagutak külső határoló szerkezetei, külön szigetelőréteg nélkül.

<table>
<tr><td>MSZ 4798:2016
NAD F1. táblázat:
Határértékek a beton összetételére</td><td colspan="3">Környezeti osztályok

Igénybevétel víznyomás hatására</td></tr>
<tr><td>Környezeti osztály jele</td><td>XV1(H)</td><td>XV2(H)</td><td>XV3(H)</td></tr>
<tr><td>Legnagyobb v/c</td><td>0,55</td><td>0,50</td><td>0,45</td></tr>
<tr><td>Legkisebb nyomószilárdsági osztály</td><td>C25/30</td><td>C30/37</td><td>C30/37</td></tr>
<tr><td>Legkisebb cementtartalom, kg/m^3</td><td>300</td><td>300</td><td>300</td></tr>
<tr><td>Friss beton levegőtartalma, térfogat%</td><td colspan="3">Friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázat szerinti érték legyen</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Egyéb követelmények</td><td colspan="3">Vízbehatolás legnagyobb mélysége az 5.5.3. szakasz szerint, mm</td></tr>
<tr><td>50</td><td>35</td><td>20</td></tr>
</table>

Az MSZ EN 206:2013+A1:2017 betonszabvány és annak nemzeti alkalmazási dokumentuma, az MSZ 4798:2016 szabvány értelmében a beton vízzáróságát az MSZ EN 12390-8:2009 szabvány szerint kell vizsgálni. Az MSZ 4798:2016 szabvány szerint a beton akkor vízzáró, ha a szabványosan végzett vizsgálat során, 5 bar víznyomás mellett a vízbehatolás mélysége az XV1(H) környezeti osztályban *legfeljebb 50 mm*, az XV2(H) környezeti osztályban *legfeljebb 35 mm*, az XV3(H) környezeti osztályban *legfeljebb 20 mm*.


A próbatestek állapota: légszáraz
Vízzáróság vizsgálat az MSZ 4715-3:1972 szabvány szerint
vz 2
vz 4
vz 6
Φ 100 mm
2 bar
4 bar
6 bar
40 mm
120 mm
48 órán át 1 bar
+ 24 órán át 2 bar
48 órán át 1 bar
+ 24 órán át 2 bar
+ 24 órán át 4 bar
48 órán át 1 bar
+ 24 órán át 2 bar
+ 24 órán át 4 bar
+ 24 órán át 6 bar
200 mm
A próbatestek állapota: vízzel telített
Vízzáróság vizsgálat az MSZ EN 12390-8:2009, illetve az MSZ 4798:2016 szabvány szerint
vz 50 → XV1(H)
vz 35 → XV2(H)
vz 20 → XV3(H)
72 ± 2 órán át 5 bar
50 mm legfeljebb
35 mm legfeljebb
20 mm legfeljebb
legalább 100 mm
Φ 75 mm
5 bar
legalább 150 mm
5 bar víz-túlnyomás = 5 att = 6 ata
5 bar = 50 H_2O m = 50 N/cm^2 = 0,5 MPa = 0,5 N/mm^2


135
'01 09 21


Vízzáróság vizsgálatra előkészített 200*200*120 mm méreteű beton próbatest
Kausay



Vízzáróság vizsgálat után kettéhasított
200*200*120 mm méretű beton próbatest

Kausay

Ha a beton, vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezeti elemet nem éri víznyomás, de légköri nyomáson, állandóan nedves környezetben van, akkor nem kell vízzáró betont készíteni, illetve a betont nem kell XV1(H)-XV3(H) környezeti osztályba sorolni. Ilyen például a talajnedvességnek, talajpárának kitett alapozás vagy pincefal, vagy olyan mélygarázs, amelynek környezetében például vízelszívással tartósan megszüntették a víznyomást.

A nedves környezetű, de víznyomásnak ki nem tett beton vagy vasbeton szerkezeti elemet alkotó betont, ha a beton vízfelvétele ≤ 4,0 tömeg% akkor az XC2 környezeti osztályba, ha a beton vízfelvétele > 4,0 tömeg% és ≤ 6,0 tömeg%, akkor az XC3 környezeti osztályba szabad sorolni.

A nedves környezetű, de víznyomásnak ki nem tett feszített vasbeton szerkezet betonja XC3 környezeti osztályba sorolható, ha a beton vízfelvétele ≤ 2,0 tömeg%.

Fenti besorolásokhoz a beton vízfelvételét fokozatos vízbemerítéssel az MSZ EN 1917:2003 aknaszabvány D melléklete szerint kell meghatározni, azzal a különbséggel, hogy

- ***a próbatest sablonban készített legalább 100 mm élhosszúságú (≥ 32 mm legnagyobb adalékanyag szemnagyság esetén 150 mm élhosszúságú) próbakocka, amelyet az MSZ EN 12390-2 szerint sablonban legalább 16 órán át, de 3 napnál nem hosszabb ideig (20 ± 5) ºC hőmérsékleten sablonban, majd a sablonból kivéve közvetlenül a vizsgálatig (20 ± 2) ºC hőmérsékletű vízben vagy (20 ± 2) ºC hőmérsékletű és legalább 95 %-os relatív páratartalmú klímakamrában kell tárolni;***
- ***a próbakocka a vizsgálat kezdetén 28 napos korú legyen;***
- ***a tömegállandóságig kiszárított beton próbatest tömegének meghatározása során a kiszárítást (60 ± 5) ^{0}C hőmérsékleten kell végezni.***



Köszönöm szépen a figyelmet